



TUGAS AKHIR - RG141536

STUDI PENENTUAN ALIRAN HIDROLOGI
METODE STEEPEST SLOPE DAN *METODE*
LOWEST HEIGHTS DENGAN ASTER GDEM V2
DAN ALOS PALSAR
(Studi Kasus: Gunung Kelud, Jawa Timur)

AKHMAD SIGIT ARISANDY
NRP 3512 100 026

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA.DESS

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG141536

STUDY OF HIDROLOGY FLOW
DETERMINATION *STEEPEST SLOPE* METHOD
AND *LOWEST HEIGHTS* METHOD WITH ASTER
GDEM V2 AND ALOS PALSAR
(Case Study: Mount Kelud, East Java)

AKHMAD SIGIT ARISANDY
NRP 3512 100 001

Advisor
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA.DESS

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**STUDI PENENTUAN ALIRAN HIDROLOGI METODE
STEEPEST SLOPE DAN METODE LOWEST HEIGHTS
DENGAN ASTER GDEM V2 DAN ALOS PALSAR
(Studi Kasus: Gunung Kelud, Jawa Timur)**

Nama Mahasiswa : Akhmad Sigit Arisandy
NRP : 3512 100 026
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo,
DEA. DESS

ABSTRAK

Gunung Kelud memiliki ketinggian 1.731 mdpl dengan kemiringan lebih dari 40°. Gunung Kelud terletak di Kabupaten Kediri, Jawa Timur memiliki tipe erupsi stratovulkan dengan karakteristik letusan eksplosif. Mempunyai nilai volcanic explosive index 4, dengan durasi letusan ± 12 menit. Letusan gunung kelud salah satunya menghasilkan aliran hidrologi yaitu berupa lahar dan lava yang dapat memberikan ancaman tinggi bagi masyarakat sekitar.

Data yang digunakan untuk penentuan aliran hidrologi (lahar dan lava) tersebut adalah DEM Aster GDEM V2 dan Alos Palsar. DEM memiliki informasi data ketinggian yang dapat digunakan untuk memodelkan penentuan arah aliran hidrologi. Hasil pemodelannya menyerupai bentuk di lapangan, sehingga dapat digunakan untuk mitigasi bencana. Teknik penentuan aliran hidrologi pada penelitian ini menggunakan metode steepest slope dan lowest height berdasarkan teori aliran hidrologi.

Dari hasil arah pemodelan aliran metode steepest slope, arah aliran hidrologi yang dominan dari Puncak Gunung Kelud adalah menuju ke arah barat (21%), utara (19%), dan selatan (16%).

Sedangkan untuk Metode lowest height lebih dominan menuju ke arah barat (19%), barat laut (18%), dan barat laut (19%). dapat disimpulkan bahwa aliran dominan menuju arah barat, barat laut, barat daya, selatan dan utara. Sedangkan hasil perbandingan akumulasi aliran yang di overlay dengan data BNPB, pada metode steepest slope dari data DEM Aster GDEM2 memiliki kesalahan hasil aliran sebesar 9,81% sedangkan data DEM Alos Palsar 7,29%. Sedangkan metode lowest height dari data DEM Aster GDEM2 memiliki kesalahan hasil aliran sebesar 12,18% sedangkan data DEM Alos Palsar 11,25%. Desa yang terdampak letusan gunung kelud yaitu untuk Kabupaten Kediri 29 desa, Blitar 26 desa dan Malang 2 desa.

Kata Kunci – Aliran Hidrologi, DEM, Steepest slope, lowest heights

**STUDY OF HIDROLOGY FLOW DETERMINATION
STEEPEST SLOPE METHOD AND LOWEST HEIGHT
METHOD WITH ASTER GDEM V2 AND ALOS PALSAR
(Case Study: is Mount Kelud, East Java)**

Name : Akhmad Sigit Arisandy
NRP : 3512 100 026
Department : Geomatics Engineering FTSP – ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo,
DEA.DESS

ABSTRACT

Mount Kelud has a height of 1,731 meters above sea level with a slope of more than 40°. Mount Kelud in Kediri, East Java has a characteristic type of eruption stratovulkan with an explosive eruption. The volcanic explosive index has a value of 4, with the duration of the eruption is ± 12 minutes. The eruption of Mount Kelud one of which resulted in hidrology flow in the form of lava and that lava can provide a high threat to the surrounding community.

Data used for the determination of hidrology flow (lahar and lava) is DEM Aster GDEM V2 and Alos PALSAR. DEM has information elevation data that can be used to model the determination of hidrology flow direction. The results of the modeling resembles the shape of the field, so it can be used for disaster mitigation. Mechanical determination of hidrology flow in this study using the method of steepest slope and lowest height is based on the theory of hidrology flow.

From the results of modeling the flow direction of the steepest slope method, hidrology dominant flow direction of the summit of Mount Kelud is heading west (21%), the north (19%) and South

(16%). As for the method is more dominant Lowest height towards the west (19%), northwest (18%), and the northwest (19%). it can be concluded that the dominant flow towards the west, northwest, southwest, south and north. While the results of the comparison of accumulated flow in the overlay with BNPB data, the method of steepest slope of Aster GDEM V2 DEM data has errors result of 9.81%, while the flow of DEM data Alos PALSAR 7.29%. While the method Lowest height of Aster GDEM V2 DEM data has errors result of 12.18%, while the flow of DEM data Alos PALSAR 11.25%. Villages affected by the eruption of Kelud are 29 villages in Kediri, 26 villages in Blitar and 2 villages Malang.

Keywords – Hidrology flow, DEM, Steepest slope, lowest heights

ix

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL-ID	i
HALAMAN JUDUL-EN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
TUGAS AKHIR	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gunung Api	5
2.2 Gunung Kelud.....	6
2.2.1 Potensi bahaya Gunung Kelud.....	7
2.3 ASTER GDEM V2	10
2.4 ALOS PALSAR.....	11
2.5 Landsat 8 LDCM.....	12
2.6 Metode Klasifikasi Terbimbing dan Metode Klasifikasi Tak Terbimbing	13
2.6.1 Metode Klasifikasi Terbimbing (<i>Supervised</i>)...	13
2.6.2 Metode Klasifikasi Tidak Terbimbing (<i>Unsupervised</i>)	14

2.7 RMSE dan Korelasi.....	15
2.8 Perbaikan data DEM	16
2.9 Slope dan Apect	18
2.9.1 <i>Slope</i>	18
2.9.2 <i>Aspect</i>	19
2.10 Metode <i>Steepest Slope</i> dan <i>Lowest Height</i>	19
2.10.1 <i>Flow Direction</i> (Arah Aliran).....	21
2.10.2 <i>Flow Accumulation</i> (Akumulasi Aliran)	22
2.11 Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Lokasi Penelitian.....	25
3.2 Data dan Peralatan	25
3.2.1 Data.....	25
3.2.2 Peralatan.....	26
3.3 Metodologi Penelitian	27
3.3.1 Tahapan Pelaksanaan	27
3.3.2 Tahap Pengolahan Data.....	30
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....	35
4.1 Hasil	35
4.1.1 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan	35
4.1.2 Pengambilan Sempel Ketinggian.....	36
4.1.3 Perbaikan DEM	37
4.1.4 Penentuan Kemiringan (<i>Slope</i>).....	39
4.1.5 Menentukan Arah Aliran (<i>Flow Direction</i>) Metode <i>Steepest Slope</i>	40

4.1.6 Menentukan Arah Aliran (<i>Flow Direction</i>) Metode <i>Lowest Height</i>	43
4.1.7 Menentukan Aliran Akumulasi (<i>Flow Accumulation</i>) Metode <i>Steepest Slope</i>	45
4.1.8 Menentukan Aliran Akumulasi (<i>Flow Accumulation</i>) Metode <i>Lowest Height</i>	49
4.1.9 Digitasi Batas Administrasi	52
4.1.10 Digitasi Kawasan Rawan Bencana Gunung Kelud	53
4.1.11 Zonasi Kawasan Rawan Bencana	53
4.1.12 <i>Overlay</i>	57
4.1.13 Model 3D Aliran lahar Metode <i>Steepest Slope</i> dan <i>Lowest Height</i>	60
4.2 Analisa	61
4.2.1 Klasifikasi	61
4.2.2 Perbandingan hasil <i>fill</i> DEM Aster GDEM dan Alos Palsar	61
4.2.3 Perbedaan nilai <i>flow Direction</i> pada Metode <i>Steepest Slope</i> dan <i>Lowest Height</i>	62
4.2.4 Perbedaan Jalur Arah Akumulasi Aliran pada Metode <i>Steepest Slope</i> dan <i>Lowest Height</i>	63
4.2.5 Validasi dengan data Peta Kawan Rawan Bencana	66
4.2.6 Jalur Hidrologi	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70

DAFTAR PUSTAKA.....71
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jalur Evakuasi.....	8
Gambar 2.2 Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Kelud.....	8
Gambar 2.3 Contoh DEM dalam Visualisasi 3D.....	10
Gambar 2.4 Pengambilan data Alos Palsar.....	11
Gambar 2.5 Cara Kerja Metode <i>Supervised</i>	14
Gambar 2.6 Cara Kerja Metode <i>Unsupervised</i>	14
Gambar 2.7 (a) <i>sink</i> (b) Setelah proses <i>Sink</i> atau <i>Filled sink</i>	17
Gambar 2.8 (a) <i>input Fill Sink</i> (b) <i>output fill sink</i>	17
Gambar 2.9 Derajat Kemiringan dan persen <i>kemiringan</i> lereng	18
Gambar 2.10 <i>Aspect</i>	19
Gambar 2.11 Algoritma Metode <i>Steepest Slope</i>	20
Gambar 2.12 Algoritma Metode <i>Lowest Height</i>	20
Gambar 2.13 Menentukan arah aliran dari masing-masing <i>pixel</i>	21
Gambar 2.14 Akumulasi menurun dari masing-masing <i>pixel</i>	22
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan.....	27
Gambar 3.3 Tahap Pengolahan Data.....	31
Gambar 4.1 Klasifikasi Tutupan Lahan.....	35
Gambar 4.2 Profil DEM sebelum dan sesudah dilakukan <i>Fill</i> ...	38
Gambar 4.3 Penentuan Kemiringan (<i>Slope</i>) DEM Aster GDEM V2 Sebelah kiri dan kanan Alos Palsar.....	39
Gambar 4.4 <i>Flow Direction</i> DEM Aster GDEM V2 Sebelah kiri dan kanan Alos Palsar.....	41
Gambar 4.5 <i>Flow Direction</i> DEM Aster GDEM V2 Sebelah kiri dan kanan Alos Palsar.....	43

Gambar 4.6 Hasil <i>Flow Acumulation Steepest Slope</i> DEM Aster GDEM V2 dan ALOS PALSAR.....	46
Gambar 4.7 Hasil <i>Flow Acumulation Lowest Height</i> DEM Aster GDEM V2 dan ALOS PALSAR.....	49
Gambar 4.8 SHP Desa kemungkinan Terdampak.....	52
Gambar 4.9 Digitasi Kawasan Rawan Bencana Gunung Kelud	53
Gambar 4.10 Peta Aliran Hidrologi (Lahar dan lava) Gunung Kelud Jawa Timur.....	59
Gambar 4.11 Model 3D Aliran lahar Metode <i>Steepest Slope</i> dan <i>Lowest Height</i>	60
Gambar 4.12 Perbedaan Aster <i>steepest slope</i> (kiri) dan Aster <i>lowest height</i> (kanan).....	62
Gambar 4.13 Hasil aliran Metode <i>steepest slope</i> dan <i>lowest</i> <i>Height</i>	64
Gambar 4.14 Hasil Grafik Profil Ketinggian.....	65
Gambar 4.15 Penyimpangan pola aliran.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar 2 Band yang Terdapat pada Sensor TIRS.....	13
Tabel 2.2 Pedoman umum dalam menentukan korelasi.....	16
Tabel 4.1 Hasil RMSE pengambilan sampel ketinggian.....	36
Tabel 4.2 Hasil Korelasi pengambilan sampel ketinggian.....	37
Tabel 4.3 <i>Flow Direction</i> Metode <i>Steepest Slope</i> DEM Aster GDEM2.....	41
Tabel 4.4 <i>Flow Direction</i> Metode <i>Steepest Slope</i> DEM Alos Palsar.....	42
Tabel 4.5 <i>Flow Direction</i> Metode <i>Lowest Height</i> DEM Aster GDEM2.....	44
Tabel 4.6 <i>Flow Direction</i> Metode <i>Lowest Height</i> DEM Alos Palsar.....	44
Tabel 4.7 Diskripsi <i>Flow Acumulation Steepest Slope</i> DEM Aste GDEM2 gambar 4.7.....	47
Tabel 4.8 Diskripsi <i>Flow Acumulation Steepest Slope</i> DEM Alos Palsar gambar 4.7.....	48
Tabel 4.9 Diskripsi <i>Flow Acumulation Lowest Height</i> DEM Aster GDEM2 gambar 4.8.....	50
Tabel 4.10 Diskripsi <i>Flow Acumulation Lowest Height</i> DEM Alos Palsar gambar 4.8.....	51
Tabel 4.11 Zona Kawasan Rawan Bencana Desa Kemungkinan Terdampak di Kabupaten Kediri.....	55
Tabel 4.12 Zona Kawasan Rawan Bencana Desa Kemungkinan Terdampak di Kabupaten Blitar.....	56
Tabel 4.13 Zona Kawasan Rawan Bencana Desa Kemungkinan Terdampak di Kabupaten Malang.....	57
Tabel 4.14 Penyimpangan hasil aliran.....	67

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 DEM Aster GDEM V2 dan DEM Alos Palsar
- LAMPIRAN 2 Peta Tutupan Lahan Terdampak Aliran Hidrologi (lahar dan lava)
- LAMPIRAN 3 Peta Hasil Aliran Hidrologi (Lahar dan lava)
DEM Aster GDEM V2 dan Alos Palsar Metode
Steepest Slope
- LAMPIRAN 4 Peta Hasil Aliran Hidrologi (Lahar dan lava)
DEM Aster GDEM V2 dan Alos Palsar Metode
Lowest Height
- LAMPIRAN 5 Peta Hasil Aliran Hidrologi (Lahar dan lava)
DEM Aster GDEM V2 dan Alos Palsar Metode
Steepest Slope dan *Lowest Height*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng benua, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik dan Lempeng Australia, konsekuensi dari tumbukan antar lempeng tersebut terbentuk palung samudera, lipatan, punggungan, patahan di busur kepulauan dan sebaran gunung api. Indonesia memiliki 129 Gunung api atau 14% dari gunung api aktif di dunia, yang tersebar dari ujung utara Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Maluku dan Sulawesi Utara. Jawa Timur adalah salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki 7 gunung api aktif, hal ini membuat Jawa Timur merupakan daerah yang memiliki tingkat ancaman bahaya gunung api yang tinggi. Tujuh gunung api aktif di Jawa Timur tersebut salah satunya adalah Gunung Kelud dengan status waspada level II terhitung sejak 28 Februari 2014 (Badan Geologi, 2014).

Gunung Kelud berbentuk *strato*, secara administratif terletak di wilayah Kabupaten Kediri, Kabupaten Blitar dan Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis terletak pada posisi 7° 56' 00" LS, 112° 18' 30" BT dengan ketinggian puncak 1.731 meter di atas permukaan laut.

Tipe Erupsi Gunung Kelud merupakan tipe *stratovulkan* dengan karakteristik letusan eksplosif. Mempunyai nilai *volcanic explosive index* 4. Dengan interval antara ± 12 menit, yang merupakan karakteristik kegiatan Gunung Kelud sejak 1586. Letusan *stratovulkan* menghancurkan kubah dan lidah lava yang terbentuk di kawah.

Pada 16 Oktober 2007 letusan Gunung Kelud, dianggap “menyimpang” dari perilaku dasar kelud karena letusan bertipe *freatik* (leleran dengan letusan-letusan kecil) bukan eksplosif. Letusan ini menghasilkan sumbat lava berbentuk kubah yang menyebabkan hilangnya danau kawah (PVMBG, 2007). Oleh karena itu, Sangat diperlukan suatu upaya mitigasi bencana untuk menanggulangi bencana gunung api, upaya sekecil apapun dapat

bermanfaat untuk memperkecil dan meminimalisir kerugian baik harta, benda dan jiwa manusia. Sosialisasi terkait waspada bencana letusan Gunung Kelud sangat perlu untuk memberikan wawasan dan pengetahuan bagi wisatawan maupun penduduk di sekitar gunung Kelud khususnya mereka yang bermukim di sepanjang jalur aliran sungai yang berhulu dari puncak Kelud.

Pemanfaatan data informasi geospasial untuk mendukung sistem peringatan dini bencana alam diyakini sebagai suatu teknik yang dapat memberi kontribusi sangat banyak. Kegiatan ini bertujuan untuk menentukan pola Aliran Hidrologi Gunung Kelud jika suatu saat terjadi letusan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dibuat peta aliran Hidrologi yang diperlukan sebagai salah satu komponen sistem peringatan dini sebagai upaya untuk meminimalisir jumlah korban dan kerugian akibat bencana letusan gunung api.

Proses penentuan aliran Hidrologi ini berdasarkan teori aliran hidrologi, salah satu kunci untuk menurunkan karakteristik hidrologi permukaan adalah kemampuan untuk menentukan arah aliran (*flow direction*) dan akumulasi aliran (*flow accumulation*) dari setiap sel dalam data raster. Hal ini dilakukan dengan menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) yaitu, ASTER GDEM V2 dan ALOS PALSAR karena data DEM memiliki data ketinggian yang baik untuk didataran tinggi (Julzarika, 2011). Data DEM dapat digunakan untuk mensimulasikan jalur aliran hidrologi berdasarkan nilai kemiringan terbesar dan kemiringan terkecil dengan metode *steepest slope* dan *Lowest Heights*. Hasil dengan metode *steepest slope* dan *lowest height* dari teori aliran hidrologi, dengan data DEM dapat digunakan sebagai dasar penentuan aliran hidrologi menurut Julzarika, 2011.

1.2 Rumusan Masalah

Dari Latar Belakang di atas, permasalahan yang muncul adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara menentukan aliran hidrologi dari data ASTER GDEM V2 dan ALOS PALSAR dengan Metode *Steepest Slope* dan *Lowest Hight* daerah Gunung Kelud ?
- b. Menganalisa data ASTER GDEM V2 dan ALOS Palsar sehingga menjadi sebuah peta aliran Hidrologi Gunung Kelud yang kemudian dapat digunakan sebagai acuan sistem peringatan dini bencana alam letusan gunung api ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Wilayah studi adalah daerah Gunung Kelud yang secara administratif termasuk dalam wilayah tiga kabupaten, yakni Kabupaten Kediri, Kabupaten Blitar dan Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur.
- b. Data yang digunakan adalah data ASTER GDEM V2 dan ALOS PALSAR yang digunakan untuk Penentuan Aliran Hidrologi dan citra Landsat 8 yang digunakan untuk base map.
- c. Metode yang digunakan dalam penentuan jalur Hidrologi dalam tugas akhir ini adalah metode pemodelan aliran hidrologi *Steepest Slope* dan *Lowest Hight* dengan parameter yang di gunakan adalah ketinggian.
- d. Hasil penelitian adalah peta jalur aliran Hidrologi pada Gunung Kelud dari data ASTER GDEM V2 dan ALOS PALSAR.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Menerapkan metode *steepest slope* dan *Lowest Hights* untuk pembuatan jalur aliran Hidrologi dari data ASTER

GDEM V2 dan ALOS PALSAR.

- b. Menganalisis hasil aliran Hidrologi antara data ASTER GDEM V2 dan ALOS PALSAR, serta luasan area yang terdampak dari aliran Hidrologi sehingga dapat digunakan sebagai penunjang sistem mitigasi bencana alam Gunung Kelud.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi spasial (peta) kepada masyarakat mengenai jalur Aliran Hidrologi pada Gunung Kelud metode *steepest slope* dan *Lowest Hights* dari data ASTER GDEM V2 dan ALOS PALSAR yang nantinya bisa digunakan sebagai penunjang sistem mitigasi bencana alam Gunung Kelud.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gunung Api

Gunung berapi atau gunung api secara umum adalah istilah yang dapat didefinisikan sebagai suatu sistem saluran fluida panas (batuan dalam wujud cair atau lava) yang memanjang dari kedalaman sekitar 10 km di bawah permukaan bumi sampai ke permukaan bumi, termasuk endapan hasil akumulasi material yang dikeluarkan pada saat meletus, (Alif Firdaus, 2014). Gunung api terbentuk pada empat busur, yaitu busur tengah benua, terbentuk akibat pemekaran kerak benua; busur tepi benua, terbentuk akibat penunjaman kerak samudera ke kerak benua; busur tengah samudera, terjadi akibat pemekaran kerak samudera; dan busur dasar samudera yang terjadi akibat terobosan magma basa pada penipisan kerak samudera.

Badan Direktorat Pusat Vulkanologi dan mitigasi bencana geologi menentukan zonasi kawasan rawan bencana letusan gunung api menyatakan bahwa kawasan yang berada di sekitar kawah di katagorikan sebagai kawasan terlarang karena kemungkinan terkena aliran lava sangat besar, aliran piroklastik dan gas vulkanik beracun. Daerah dengan tingkat bahaya lebih rendah adalah daerah bahaya ke-1 yaitu daerah yang tidak dapat diserang oleh awan panas namun saat letusan besar akan tertimpa hembusan *piroklastik (pyroclastic surge)* dan jatuhnya piroklastik (hujan abu dan bom). Sedangkan daerah bahaya ke-2 yaitu daerah yang berdekatan dengan sungai yang berhulu di puncak gunung api, letaknya secara topografis rendah, sehingga pada musim hujan dapat terlanda aliran lahar.

2.2 Gunung Kelud

Gunung Kelud merupakan salah satu gunung api kuartar. Gunung kelud mempunyai ketinggian lebih dari 1731 diatas permukaan laut (dpl) dan mempunyai morfologi tidak teratur, Puncak kelud merupakan kubah ekstrusif dengan kemiringan rata-rata $> 40^\circ$. Gunung Kelud merupakan gunung berapi tipe *Stratovolcano* dengan danau kawah, ketinggian danau kawah ± 1114 m dpl, kedalaman maksimum danau ± 34 m, luas kawah danau ± 109.000 m² dan volume air danau kawah $\pm 2,5$ juta m³. Isi volume danau kawah sebesar itu merupakan sumbatan bagi keluarnya lava atau magma dan awan panas dari dalam. Gunung Kelud tidak seperti gunung yang lain, bila akan meletus tidak mengeluarkan awan panas terlebih dahulu. Gejalanya dapat diamati melalui suhu danau, kandungan CO₂, gas belerang dan warna danau yang ada. Gunung Kelud akan meletus secara alami bila sudah terkumpul energi endogen cukup besar sehingga energi alam tersebut mampu menembus atau melontarkan material yang menutupi. Konsekuensinya secara tiba-tiba dapat terjadi ledakan yang dahsyat dan dapat menimbulkan bahaya bagi penduduk di sekitarnya (Bakosurtanal, 2007).

Masing-masing erupsinya menghasilkan batuan piroklastik, dan pada umumnya merusak sebagian kubah kawah lama. Hal ini menunjukkan bahwa erupsi Gunung Kelud bersifat eksplosif. Karakter letusan Gunung Kelud yang eksplosif dipengaruhi oleh magma yang memiliki viskositas tinggi atau sangat kental yang bersifat riolitis. Tipe magmanya adalah magma andesitik. Karena kentalnya magma riolitis, maka gelembung gas di perangkap oleh magma, mengalami ekspansi, dan dapat menyebabkan erupsi yang eksplosif. Letusan dengan interval 12 Menit. (Pusat Vulkanologi Mitigasi Bencana Geologi/PVMBG)

2.2.1 Potensi bahaya Gunung Kelud

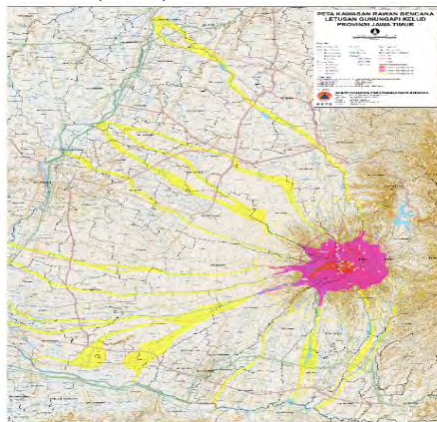
Bencana gunung api dapat terjadi apabila suatu daerah pemukiman dan tata guna lahan lainnya terlanda oleh hasil-hasil letusan gunung api, seperti: awan panas, aliran lava, lontaran batu pijar, hujan abu, gas beracun, ataupun banjir lahar. Bahaya primer letusan gunung Kelud adalah berupa batu, kerikil, pasir, dan debu panas yang dimuntahkan saat terjadi letusan. Panasnya mencapai suhu di atas 600 derajat Celcius. Sedangkan bahaya sekundernya berupa aliran lahar dingin atau material piroklastik lainnya seperti pasir, kerikil, ataupun batu-batuan. Bila timbunan material ini terbawa arus air akan berpotensi menimbulkan bencana banjir bandang yang dapat membahayakan penduduk sekitarnya. (BNPB)

Kondisi Gunung Kelud saat ini berdasar data-data pengamatan pos Kelud di Kediri, telah terjadi peningkatan aktivitas berupa kenaikan suhu air danau dari semula rata-rata 33°C menjadi 37°C bahkan saat ini mencapai 38,5°C, kandungan CO₂ 514 ton/hari, terjadi gempa vulkanik dan tremor yang terus menerus. Berdasar data-data tersebut kemudian pemerintah menetapkan status tingkat siaga, dan saat ini penghuni radius 10 km sudah diungsikan. Peta Kawasan rawan bencana Gunung Kelud dan foto-foto kondisi lapangan berikut ini juga menggambarkan bagaimana rute yang harus dilalui bila pengungsi harus melarikan diri (Badan Nasional Penanggulangan Bencana/BNPB, 2014).



Gambar 2.1 Jalur Evakuasi
(BNPB, 2014)

Kemudian menurut tingkat kerawanan bencananya, kawasan bahaya di bagi menjadi 3 kawasan, yaitu: Kawasan Rawan Bencana (KRB) I, Kawasan Rawan Bencana (KRB) II, dan Kawasan Rawan Bencana (KRB) III.



Gambar 2.2 Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Kelud
(BNPB, 2014)

Zonasi Kawasan Rawan Bencana Menurut data BNPB, zonasi daerah Kawasan rawan bencana Gunung Kelud dibagi menjadi 3 kawasan, yaitu :

a. Kawasan Rawan Bencana (KRB) III

Kawasan Rawan Bencana (KRB) III, adalah kawasan yang sering terlanda awan panas, aliran lava, material lontaran dan guguran batu (pijar). Kawasan Rawan Bencana III dalam radius 2 km dari pusat erupsi. Ancaman di kawasan ini adalah awan panas, gas racun, lahar letusan, aliran lava, dan kawasan yang sangat berpotensi tertimpa lontaran batu (pijar) dan hujan abu lebat. Kawasan

b. Rawan Bencana (KRB) II

Kawasan Rawan Bencana (KRB) II dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu:

- i. Kawasan rawan bencana terhadap aliran masa, seperti awan panas, aliran lahar dan lava yang berpotensi melanda sungai yang berhulu dari puncak gunung Kelud.
- ii. Kawasan rawan bencana terhadap material lontaran batu (pijar), dan hujan abu lebat dalam radius lingkaran 5 km dari kawah aktif puncak gunung Kelud tanpa memperhitungkan arah tiupan angin.

c. Kawasan Rawan Bencana (KRB) I

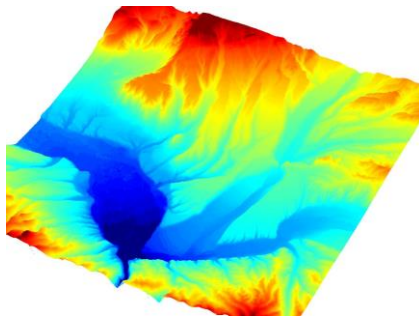
Kawasan Rawan Bencana (KRB) I dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu:

- i. Kawasan rawan bencana terhadap aliran lava, seperti lahar/banjir dan kemungkinan terlanda perluasan awan panas atau aliran lava.
- ii. Kawasan rawan bencana terhadap material jatuhan seperti jatuhan abu dan kemungkinan dapat terkena

lontaran batu pijar dalam radius lingkaran 10 km dari pusat erupsi letusan Gunung Kelud.

2.3 ASTER GDEMv2

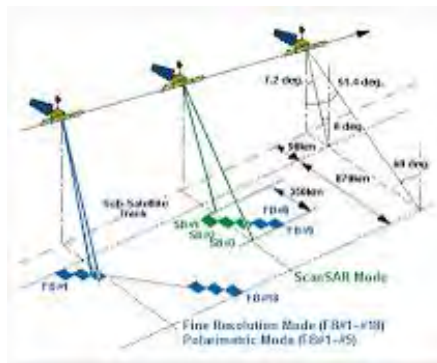
GDEM ASTER merupakan singkatan dari Global DEM ASTER (*Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) yang artinya data DEM seluruh dunia ada disitu. Instrumen GDEM ASTER diluncurkan dengan pesawat ruang angkasa NASA Terra pada bulan Desember 1999 yang memiliki kemampuan along-track stereoskopik menggunakan band spektral inframerah dekat untuk memperoleh data stereo. ASTER memiliki dua teleskop, satu untuk *nadir-viewing* dan *backward-viewing*, dengan dasar ketinggian rasio 0,6. Pada bidang horizontal resolusi spasial sebesar 30 m dan menggunakan Datum WGS84. Satu scene terdiri dari 4.100 sampel dengan 4.200 *lines* dengan luas area sekitar 60 km x 60 km. Sebanyak 1.514.360 scene (pruduk level-1A) yang diperoleh dari bulan Maret 2000 sampai Agustus 2010.



Gambar 1.3 Contoh DEM dalam Visualisasi 3D
(Ariefi et al, 2011)

2.4 ALOS PALSAR

The Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) adalah sensor microwave aktif yang menggunakan frekuensi L-BAND untuk mendapatkan gambar yang bebas dari awan dan melakukan observasi siang dan malam. PALSAR menghasilkan performa yang lebih baik dibanding eJERS-1's *synthetic aperture radar* (SAR). Alos PALSAR memiliki resolusi Spasial 12,5 x 12,5 m. Resolusi baik dalam mode konvensional, namun PALSAR juga memiliki modus pengamatan lain dengan kelebihanannya masing-masing. ScanSAR memungkinkan kita untuk memperoleh gambar SAR mulai 250 KM sampai 350 KM (tergantung pada jumlah scan) dengan mengorbankan resolusi spasial. Petak tersebut memiliki 3 hingga 5 kali lebih lebar dibanding gambar SAR konvensional. pengembangan PALSAR merupakan proyek bersama antara *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) dan *Japan Resources Observation System Organization* (JAROS).



Gambar 2.4 Pengambilan data Alos Palsar
(Esa, 2011)

Beberapa pengaruh pada citra SAR. *Foreshortening* merupakan distorsi pada citra SAR yang terjadi pada area dengan kemiringan (*slope*) yang menghadap pada arah datangnya sinyal radar sehingga luasan area tersebut tampak menjadi lebih pendek (termampatkan). Apabila kemiringan area tersebut sangat tajam dan posisinya dekat dengan nadir, dapat terjadi *layover* yang mana posisi bagian Puncak objek (seperti gunung) dan posisi bagian yang lebih rendah (kaki gunung) menjadi berkebalikan. Sedangkan *shadow* merupakan suatu area gelap dalam citra SAR dimana tidak terdapat sinyal balik radar yang terdeteksi oleh sensor SAR akibat terhalangi oleh objek dengan ketinggian/tingkat kecuraman yang tajam (seperti gunung, gedung tinggi).

2.5 Landsat 8 LDCM

Satelit Landsat 8 dilengkapi dua sensor yang merupakan hasil pengembangan dari sensor yang terdapat pada satelit-satelit pada Program Landsat sebelumnya. Kedua sensor tersebut yaitu Sensor Operational Land Manager (OLI) yang terdiri dari 9 band serta Sensor Thermal InfraRed Sensors (TIRS) yang terdiri dari 2 band.

Dibandingkan versi-versi sebelumnya, landsat 8 memiliki beberapa keunggulan khususnya terkait spesifikasi band-band yang dimiliki maupun panjang rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang ditangkap. Sebagaimana telah diketahui, warna objek pada citra tersusun atas 3 warna dasar, yaitu Red, Green dan Blue (RGB). Dengan makin banyaknya band sebagai penyusun RGB komposit, maka warna-warna obyek menjadi lebih bervariasi.

Sebelumnya kita mengenal tingkat keabuan (*Digital Number-DN*) pada citra landsat berkisar antara 0-256. Dengan hadirnya landsat 8, nilai DN memiliki interval

yang lebih panjang, yaitu 0-4096. Kelebihan ini merupakan akibat dari peningkatan sensitifitas landsat dari yang semula tiap piksel memiliki kuantifikasi 8 bit, sekarang telah ditingkatkan menjadi 12 bit. Tentu saja peningkatan ini akan lebih membedakan tampilan obyek-obyek di permukaan bumi sehingga mengurangi terjadinya kesalahan interpretasi. Tampilan citra pun menjadi lebih halus, baik pada band multispektral maupun pankromatik.

Tabel 2.1 Daftar 2 Band yang Terdapat pada Sensor TIRS
(Sumber: Lillesand dan Kiefer, 1979)

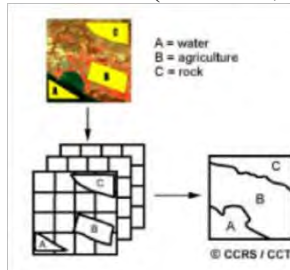
Band Spektral	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
Band 10 Long Wavelength Infrared	10.30 – 11.30	100
Band 11 Long Wavelength Infrared	11.50 – 12.50	100

2.6 Metode Klasifikasi Terbimbing dan Metode Klasifikasi Tak Terbimbing

2.6.1 Metode Klasifikasi Terbimbing (*Supervised*)

Pada metode supervised ini, analis terlebih dulu menetapkan beberapa training area (daerah contoh) pada citra sebagai kelas lahan tertentu. Penetapan ini berdasarkan pengetahuan analis terhadap wilayah dalam citra mengenai daerah-daerah tutupan lahan. Nilai-nilai piksel dalam daerah contoh kemudian digunakan oleh komputer sebagai kunci untuk mengenali piksel lain. Daerah yang memiliki nilai-nilai piksel sejenis akan dimasukkan kedalam kelas lahan yang telah ditetapkan sebelumnya. Jadi dalam Metode supervised ini analis mengidentifikasi kelas informasi terlebih dulu yang

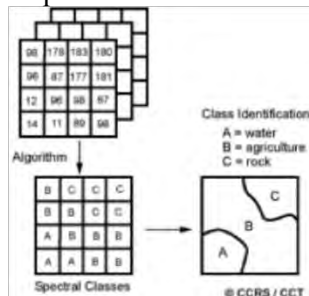
kemudian digunakan untuk menentukan kelas spectral yang mewakili kelas informasi tersebut. (Indriasari, 2009)



Gambar 2.5 Cara Kerja Metode *Supervised* (Indriasari, 2009)

2.6.2 Metode Klasifikasi Tidak Terbimbing (*Unsupervised*)

Cara kerja metode *unsupervised* ini merupakan kebalikkan dari metode *supervised*, dimana nilai-nilai piksel dikelompokkan terlebih dahulu oleh komputer kedalam kelas-kelas spektral menggunakan algoritma klusterisasi (Indriasari, 2009). Dalam metode ini, diawal proses biasanya analis akan menentukan jumlah kelas (*cluster*) yang akan dibuat. Kemudian setelah mendapatkan hasil, analis menetapkan kelas-kelas lahan terhadap kelas-kelas spektral yang telah dikelompokkan oleh komputer.



Gambar 2.6 Cara Kerja Metode *Unsupervised* (Indriasari, 2009)

2.7 RMSE dan Korelasi

RMSE (*Root Mean Square Error*) adalah rata-rata kuadrat dari perbedaan estimasi dengan nilai Observasi suatu variabel atau teknik uji statistik untuk menghitung nilai kesalahan antara data satu dengan data yang lainnya. Rumus untuk menghitung nilai RMSE seperti di Bawah ini:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

n = Banyaknya data y

y = Nilai y

\bar{y} = Nilai rata-rata y

Korelasi Sederhana merupakan suatu Teknik Statistik yang dipergunakan untuk mengukur kekuatan hubungan 2 Variabel dan juga untuk dapat mengetahui bentuk hubungan antara 2 Variabel tersebut dengan hasil yang sifatnya kuantitatif. Kekuatan hubungan antara 2 variabel yang dimaksud disini adalah apakah hubungan tersebut erat, lemah, ataupun tidak erat. Koefisien Korelasi akan selalu berada di dalam Range $-1 \leq r \leq +1$. Rumus untuk menghitung nilai korelasi seperti di bawah ini :

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}} \quad (2)$$

n = Banyaknya Pasangan data X dan Y

$\sum x$ = Total Jumlah dari Variabel X

$\sum y$ = Total Jumlah dari Variabel Y

$\sum x^2$ = Kuadrat dari Total Jumlah Variabel X

$\sum y^2$ = Kuadrat dari Total Jumlah Variabel Y

Σxy = Hasil Perkalian dari Total Jumlah Variabel X dan Variabel Y

Tabel 2.2 Pedoman umum dalam menentukan korelasi
(Sujana, 2002)

r	Kriteria Hubungan
0	Tidak Ada Korelasi
0 - 0,5	Korelasi Lemah
0,5 - 0,8	Korelasi Sedang
0,8 - 1	Korelasi Kuat atau Erat
1	Korelasi Sepurna

2.8 Perbaikan data DEM

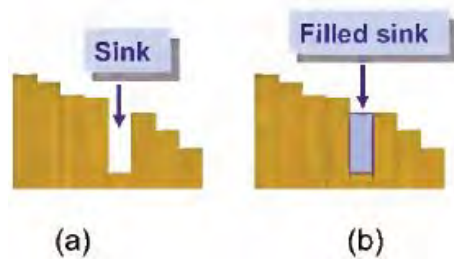
Perbaikan data DSM dengan langkah:

a. Visualisasi DEM (*DEM Visualisation*)

Fungsi visualisasi DEM memungkinkan pengguna untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi topografi di lokasi yang dimaksud. Fungsi ini menggambarkan kembali DEM dengan *hillshade* (efek bayangan topografi).

b. *Fill Sinks*

Fungsi *fill sink* menghilangkan *depression* atau *sink* yaitu kondisi dimana terdapat perbedaan elevasi yang mencolok dengan cakupan sangat kecil. Untuk pengolahan dalam kajian hidrologi, hal ini dapat mengganggu perhitungan maka perlu dihilangkan terlebih dahulu.



Gambar 2.7 (a) *sink* (b) Setelah proses *Sink* atau *Filled sink* (Esri, 2004)

Kesalahan yang dimiliki oleh data DEM ini disebabkan oleh *noise* dari citra satelit itu sendiri, seperti kesalahan pada hamburan baliknya, atau dapat juga kesalahan yang terjadi karena perbedaan sinyal yang diterima. Kesalahan ini dapat dihilangkan dengan cara melakukan proses *fill sinks* pada data DEM tersebut. Proses *fill sinks* ini berfungsi untuk mengisi grid elevasi, maksudnya apabila pada data GDEM terdapat perbedaan elevasi yang sangat mencolok dibandingkan dengan elevasi - elevasi di sekitarnya, maka proses *fill sinks* ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau mengisi grid elevasi yang mempunyai perbedaan sangat mencolok tersebut, untuk lebih jelasnya dapat ditunjukkan pada gambar berikut:

Figure 1a: Input map for Fill sinks.



Figure 1b: Output map of Fill sinks.

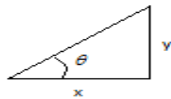


Gambar 2.8 (a) *input Fill Sink* (b) *output fill sink* (Mckenzei et al, 2000)

2.9 Slope dan Aspect

2.9.1 Slope

Slope merupakan tingkat perubahan elevasi yang dinyatakan dalam satuan persen atau derajat kemiringan lereng, mengidentifikasi tingkat kemiringan dari sebuah permukaan (*surface*). *Slope* menentukan laju perubahan maksimum dari setiap sel dengan tetangganya. *Slope* merupakan atribut primer topografi yang banyak digunakan untuk perhitungan karakteristik topografi lainnya. Kemiringan lereng dibagi menjadi beberapa kelas yaitu dataran rendah (0-2 %), dataran rendah pedalaman (3-7 %), perbukitan rendah (8-13 %), perbukitan (14-20 %), perbukitan tinggi (21-55 %), pegunungan (56-140 %) dan sangat curam pegunungan tinggi (≥ 140 %) (Van Zuidam, 1985)



Derajat Kemiringan = θ

$\tan \theta = y/x$

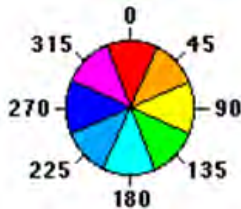
Persen Kemiringan = $y/x \times 100$

Gambar 2.9 Derajat Kemiringan dan persen kemiringan lereng (Mckenzei et al, 2000)

Slope erat kaitannya dengan gaya gravitasi yang akan mempengaruhi laju aliran air beserta bahan lainnya, sehingga besar peranannya dalam hidrologi dan geomorfologi. *Slope* berpengaruh terhadap percepatan baik aliran permukaan ataupun bawah permukaan sehingga akan mempengaruhi kandungan air tanah, erosi potensial, pembentukan tanah dan banyak proses penting lainnya (Gallant dan Wilson, 2000).

2.9.2 Aspect

Aspect menggambarkan arah hadap dari sebuah permukaan (*surface*). *Aspect* mengidentifikasi arah kemiringan dari laju maksimum perubahan nilai sebuah sel dibandingkan sel di sekelilingnya. Secara sederhana *aspect* merupakan arah kemiringan lereng. *Aspect* mencari arah azimut dari penurunan yang paling tajam (*Steepest down-slop directio*) dari masing-masing sel kesel-sel tetangganya. Dalam analisis *surface*, keluaran dari perhitungan *aspect* adalah derajat sesuai arah kompas, berkisar dari 0° sampai 360°.



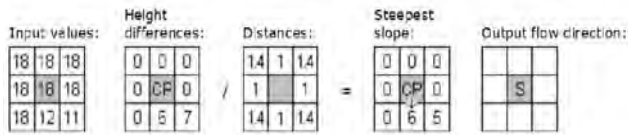
Gambar 2.10 *Aspect*
(Mckenzei et al, 2000)

2.10 Metode Steepest Slope dan Lowest Height

Pola aliran hidrologi dari suatu tempat dapat ditentukan dengan menentukan *flow direction* (arah aliran) dan *flow accumulation* (akumulasi aliran) dari setiap sel dalam data raster menggunakan metode tertentu.

Secara geologi, lahar dan lava akan mengalir pada unsur geomorfologi yang memiliki *slope* tinggi dengan *aspect* tertentu sesuai susunan nilai tinggi yang menyerupai pola sungai. Penentuan pola aliran dapat menggunakan dua metode, yaitu *steepest slope* dan *lowest height*. (Julzarika, 2009)

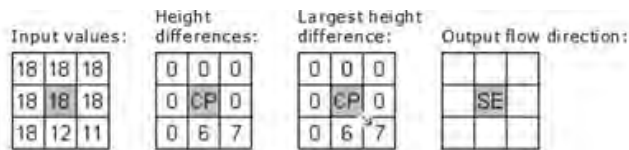
Steepest slope merupakan arah aliran menuju nilai piksel terendah dengan memperhitungkan delapan tetangga sekitar ditambah faktor kemiringan sudut tangensial yang terdapat pada ke empat pojok tetangganya (Ilwis, 2009).



Gambar 2.11 Algoritma Metode *Steepest Slope*
(Ilwis, 2009)

Untuk setiap blok dimasukkan *pixel* 3x3, kemudian operasi ini menghitung perbedaan ketinggian antara *central pixel* (CP) dan masing-masing 8 *pixel* tetangga. Jika, perbedaan ketinggian tetangganya positif (yaitu pixel pusat memiliki nilai lebih besar dari tetangga tertentu), maka: (i) untuk tetangga sudut, perbedaan tinggi dibagi oleh (jarak) 1.4; (ii) untuk tetangga horisontal, perbedaan tinggi dibagi oleh (jarak) 1. Perhitungan ini menentukan kecuraman antara *central pixel* (CP) dan tetangganya. Kemudian, (posisi) tetangga dengan nilai kemiringan terbesar (*steepest slope*) adalah arah aliran output untuk pixel pusat saat ini.

Sedangkan *lowest height* merupakan metode penentuan pola aliran hidrologi yang hanya mempertimbangkan delapan tetangga sekitar untuk menuju ke nilai piksel terendah. (Ilwis, 2009).



Gambar 2.12 Algoritma Metode *Lowest Height*
(Ilwis, 2009)

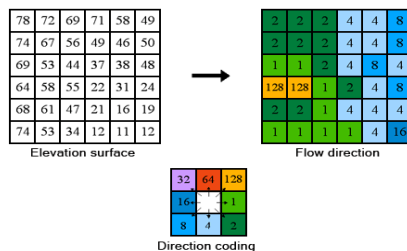
Untuk setiap blok dimasukkan *pixel* 3x3, kemudian operasi ini menghitung perbedaan ketinggian antara *central pixel* (CP) dan masing-masing 8 *pixel* tetangga. Pada semua tetangga dengan perbedaan ketinggian yang bernilai positif,

(atau *pixel* pusat memiliki nilai lebih besar dari tetangga tertentu), (posisi) tetangga dengan nilai beda tinggi terbesar adalah arah aliran output untuk *central pixel* (CP).

2.10.1 *Flow Direction* (Arah Aliran)

Salah satu kunci dalam mendapatkan turunan dari karakteristik hidrologi permukaan adalah dengan mendapatkan arah dari aliran pada tiap sel dalam raster (Esri, 2011). Algoritma yang umum digunakan dalam proses penentuan arah aliran adalah *D8 method* (Tarboton, 1989; Tarboton dan Bras, 1991; lihat juga pada Indarto, dkk., 2008). Penentuan arah aliran antar *pixel* menurut algoritma ini dilakukan dengan membandingkan ketinggian relatif satu *pixel* terhadap 8 *pixel* disekelilingnya.

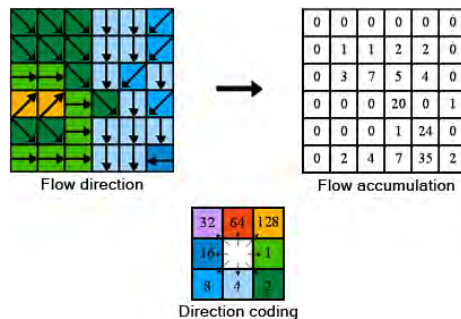
Selanjutnya, arah aliran ditentukan dari kemiringan tercuram terhadap *pixel* sekelilingnya. Arah aliran dibuat berdasarkan nilai ketinggian pada tiap *pixel*, yang ditentukan dengan 8 *pixel* di area *pixel* yang akan ditentukan arah alirannya. Dalam konsep dasar, arah aliran ditentukan dari nilai yang tinggi ke nilai yang lebih rendah. Pemberian symbol arah pada arah aliran menggunakan angka tiap penjurur mata angin. Sebagai contohnya, arah utara disimbolkan dengan angka 64, selatan dengan nilai 4, dan seterusnya seperti pada gambar 2.13. (Indarto, dkk., 2008)



Gambar 2.13 Menentukan arah aliran dari masing-masing pixel (Esri, 2004)

2.10.2 *Flow Accumulation* (Akumulasi Aliran)

Setelah dilakukan *flow direction* mapping (pemetaan arah aliran) adalah melakukan proses *flow accumulation* mapping (pemetaan terkumpulnya aliran). Jika diketahui ke mana arah air akan mengalir, maka dapat digambarkan daerah (sel-sel) apa yang mempunyai kelebihan air yang mengalir melaluinya dibandingkan dengan daerah (sel-sel) lain. Grid akan muncul dalam proses ini dan dengan mengikuti grid arah aliran kebelakang, maka dapat diketahui banyak sel yang mengalir menuju sel-sel lain pada suatu daerah kajian. Fungsi ini memodelkan mengenai jumlah akumulasi aliran air yang terjadi pada suatu liputan wilayah tertentu. Sebagai hasil ukur akan terdapat nilai akumulasi air yang biasanya juga identik dengan jaringan sungai yang sebenarnya di lapangan. (Purwanto, T.H., 2011)



Gambar 2.14 Akumulasi aliran menurun dari masing-masing pixel
(Esri, 2004)

Akumulasi aliran dihitung sebagai akumulasi banyak sel - sel yang mengalir menuju tiap sel yang paling rendah ketinggiannya. Jika bobot tiap sel dinyatakan sebagai 1 satuan, maka akumulasi aliran tiap sel merupakan daerah kontribusi aliran sel tersebut.

Sebagai contoh akumulasi aliran pada suatu outlet DAS mewakili luas DAS tersebut (luas tangkapan). Sel yang mempunyai akumulasi aliran 1 berarti tidak ada aliran yang masuk ke sel tersebut dan berhubungan dengan lembah atau puncak bukit (Meijerink et al., 1994). Nilai tiap sel mewakili total banyaknya sel - sel yang mengalir menjunya, ini untuk akumulasi permukaan.

2.11 Penelitian Terdahulu

Menurut Hery (2013), Ekstraksi Morfometri Daerah Aliran Sungai dari Data Digital Surface Model UGM (Studi Kasus DAS Opak) dari kesimpulan yang dapat diambil, perbedaan DAS data RBI, Aster GDEM, SRTM, dan DAS BPDAS serayu Opak menunjukkan luasan yang berbeda beda, DAS dari ASTER dan DEM memiliki luasan yang hampir sama, luas ini sama dengan DAS RBI, tetapi sangat berbeda dengan luas DAS BPDAS Serayu Opak. Data Digital Surface Model Aster GDEM v2 dan SRTM v 4 lebih baik menggambarkan DAS dibanding data *Digital Elevation Model* (RBI Bakosurtanal 2004 skala 1:25000)

Julzarika, Atriyon Inggit, Lolita Sari (2010) Pemanfaatan DEM ALOS Palsar, DEM SRTM dan Citra Landsat untuk Mengetahui Potensi Longsor (Studi Kasus : Kabupaten Purworejo - Provinsi Jawa Tengah). Kesimpulan dari penelitian, Besar selisih vertikal tersebut kemungkinan disebabkan bahwa DEM SRTM masih mengandung aspek DSM, walaupun sudah dilakukan koreksi untuk merubahnya menjadi DEM murni. Sedangkan dari sistem Alos Palsar, karena frekuensi kerjanya pada L Band, dihasilkan DEM yang lebih teliti. Dengan demikian DEM Alos Palsar 2009 dapat dijadikan faktor koreksi yang teliti bagi pembentukan DEM SRTM dari DSM-nya. Hal ini dapat pula dilihat bahwa perubahan tutupan lahan yang dapat merubah dari DSM kepada DEM, seperti tutupan lahan pada tahun 2000 adalah

hutan dan pada tahun 2009 telah berubah, perbedaan luasnya tidak terlalu signifikan.

Pada penelitian ini bertujuan untuk pembuatan informasi spasial (peta) aliran hidrologi yang dapat menunjang mitigasi Bencana secara dini. Data yang digunakan data *Digital Elevatin Model* (DEM) yaitu : Aster GDEM V2 dan DEM Alos Palsar. Dalam penelitian sebelumnya data yang digunakan Aster GDEM V1 dan SRTM sedangkan pada penelitian ini menggunakan data Aster GDEM V2 dan DEM Alos Palsar, penelitian sebelumnya yang nantinya dapat menunjang penelitian ini, bahwa citra Aster GDEM dan Alos Palsar bisa digunakan untuk menentukan Aliran Hidrologi Gunung Kelud dan memiliki akurasi dan akuisisi yang baik karena data DEM memiliki nilai Z yang baik pada daerah pegunungan. Selain itu perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini terletak pada penentuan aliran Hidrologinya, untuk penelitian sebelumnya menentukan alirannya berdasarkan sampai *stream Network* sedangkan penelitian ini sampai *Flow Acumulation* yang hanya menentukan akumulasi air.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir adalah di Gunung Kelud yang terletak pada $7^{\circ}56'00''$ LS, $112^{\circ}18'30''$ BT. Sedangkan yang secara administratif termasuk dalam wilayah tiga kabupaten, yakni Kabupaten Kediri, Kabupaten Blitar dan Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu :

- a. Data Digital Elevation Model (DEM) Aster Global DEMV2 Wilayah gunung Kelud tahun 2011.
- b. Data DEM Radar (ALOS PALSAR) Wilayah gunung Kelud tahun 2010.

- c. Peta Administrasi Jawa Timur (RBI) BAKOSURTANAL atau BIG tahun 2000 dengan skala 1 : 25.000.
- d. Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) BNPB Gunung Kelud.
- e. Citra Lansat 8 daerah Gunung kelud

3.2.2 Peralatan

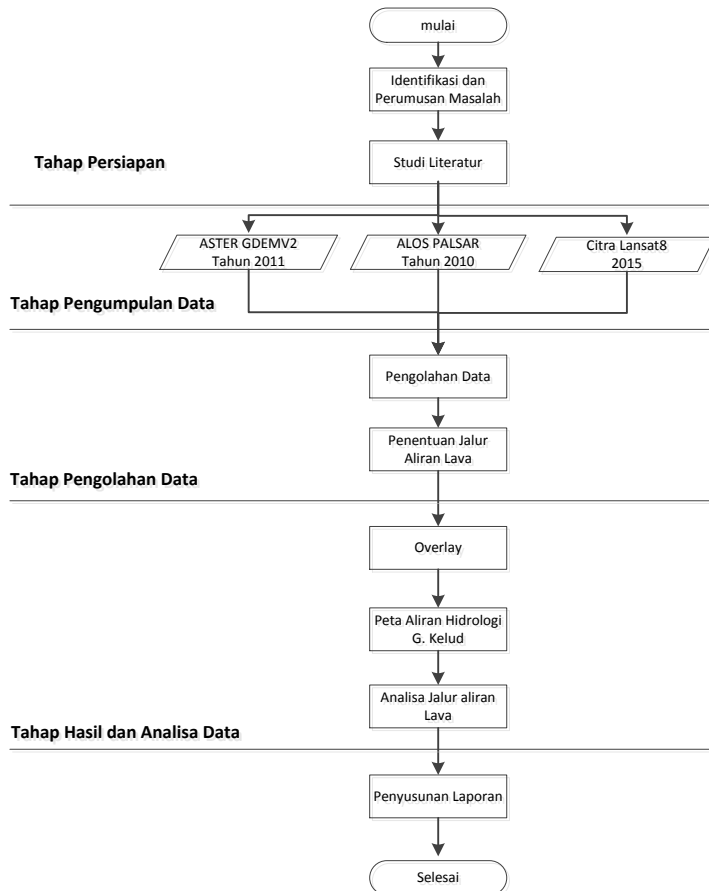
Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu :

- a. Perangkat Keras (*Hardware*) yang digunakan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini adalah Laptop ASUS X452C dengan Processor : Intel(R) Core(TM) I3-3217U CPU @1.80GHZ memory (RAM) : 2.00 GB (1.89 GB usable).
- b. Perangkat Lunak (*Software*) yang digunakan dalam pengerjaan Penelitian ini tugas akhir ini antara lain :
 - i. Windows 8.1
 - ii. Microsoft Office 2013
 - iii. ArcGIS 10.2.2
- c. Peralatan lain yang digunakan untuk Survey lapangan :
 - i. Kamera
 - ii. GPS Handheld
 - iii. Alat Tulis

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahapan Pelaksanaan

Tahap Pelaksanaan Tugas Akhir adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan

Berikut adalah Tahap pelaksanaan penelitian :

a. Tahap Persiapan

- i. Identifikasi dan Perumusan Masalah
Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana proses pembuatan peta aliran Hidrologi pada Gunung Kelud. Penelitian ini dilakukan menggunakan data *Digitel Elevation Model* (DEM) Aster GDEMv2 dan ALOS PALSAR untuk mendukung sistem peringatan dini bencana alam guna mencegah atau meminimalisir harta, benda dan banyaknya jatuh korban ketika terjadi bencana alam letusan gunung api.
- ii. Studi Literatur
Bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan penginderaan jauh, gunung api, metode penentuan aliran dan literatur lain yang mendukung baik dari buku, jurnal, makalah dan internet.

b. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa DEM yang didapat dari USGS, ALOS PALSAR yang di dapat dari *Alaska Satellite Facility*, data vector Peta Rupa Bumi Indonesia dari Badan Informasi Geospasial dan *Open Street Maps*, data Peta Kawasan Rawan Bencana Wilayah Gunung Kelud dari BNPB dan citra Landsat 8.

c. Tahap Pengolahan data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan data *Digitel Elevation Model* (DEM) Aster GDEMv2 dan ALOS PALSAR dengan menentukan model aliran menggunakan *metode steepest slope* dan *Lowest Height* berdasarkan prinsip aliran hidrologi, kemudian akan menghasilkan jalur aliran lahar dan

lava letusan Gunung Kelud. Data jalura aliran lava di overlay dengan Peta Kawasan Rawan Bencana agar mudah melakukan Analisa.

d. Tahap Hasil dan Analisa Data

iii. Analisa Hasil Pengolahan Data

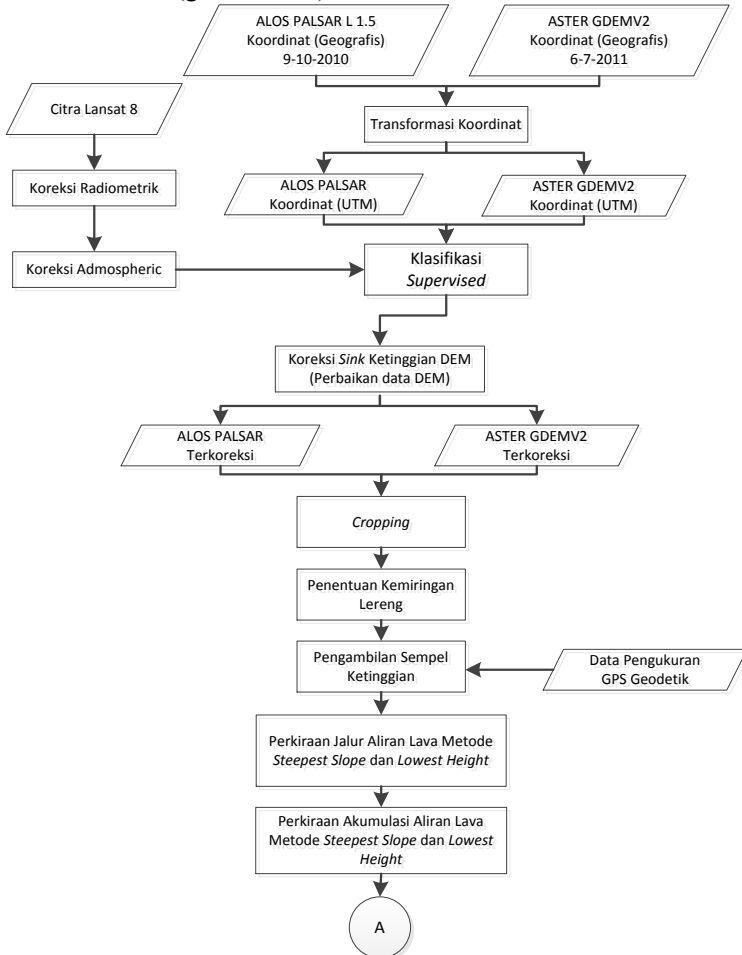
Tahap ini dimaksudkan untuk menganalisa hasil jalur aliran lava dari kedua sumber data. Analisa ini diperoleh dari data yang telah diolah pada tahap sebelumnya. Sehingga didapatkan suatu hasil dan kesimpulan yang nantinya digunakan untuk menyusun laporan tugas akhir.

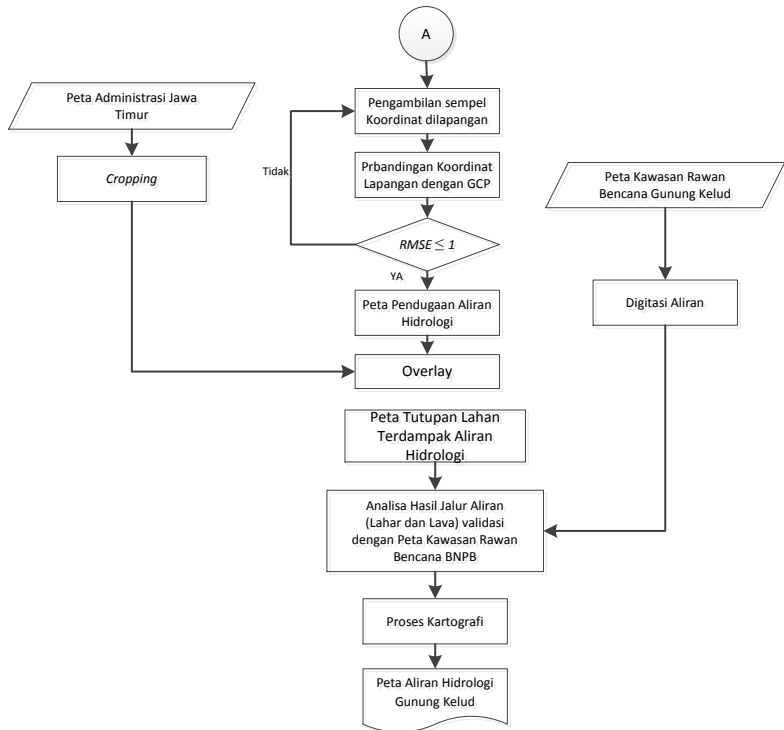
iv. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari penelitian tugas akhir ini.

3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Adapun metode pengolahan data seperti pada tahap di bawah (gambar 3.3)





Gambar 3.3 Tahap Pengolahan Data

Keterangan Tahap Pengolahan data :

a. Data Bahan Penelitian

Pada proses pengolahan, diperlukan data yang diolah untuk mendapatkan Peta Aliran Hidrologi Gunung Kelud. Data yang diperlukan antara lain citra *Digital Elevation Model* ALOS PALSAR, ASTER GDEM V2, Peta KRB (Kawasan Rawan Bencana) Gunung Kelud dari badan BNPB, Batas Administrasi, dan citra lansat 8 di gunakan untuk klasifikasi dan *base map* Peta Hidrologi Gunung Kelud.

- b. Lansat 8
Dilakukan koreksi radiometric dan atmosferik pada citra lansat 8.
- c. Transformasi Koordinat data DSM
Data ALOS PALSAR, dan ASTER GDEM V2 pada dasarnya memiliki sistem koordinat Mercator dengan satuan DMS (*Degree Minute Second*), dari masing-masing data dalam *Data Management Tools* kemudian *Transformasi* dan pilih sistem koordinat *Universal Tranverse Mercator* (UTM).
- d. Klasifikasi *Supervised*
Klasifikasi Multisepektral dari data citra Lansat 8 dengan melakukan klasifikasi tutupan lahan yang nantinya digunakan untuk menentukan pengambilan titik *GCP* dan pengambilan sampel ketinggian. Proses klasifikasi *Supervised*
 - i. Menentukan jumlah kelas warna citra yang akan diklasifikasi (*number of classes*)
 - ii. Melakukan *Sampling Area* dengan mengambil sampel berdasarkan kelas yang sudah ditentukan.
 - iii. Hasil berupa klasifikasi tutupan lahan.
- e. Koreksi *Fill Sink*
Melakukan koreksi fill sink (koreksi nilai tinggi) untuk menghilangkan cacat atau kesalahan pada data DEM. Fungsi fill sink menghilangkan depression atau sink yaitu kondisi dimana terdapat perbedaan elevasi yang mencolok dengan cakupan yang sangat kecil.
- f. *Cropping*
Setelah data bertampalan kemudian *Cropping* daerah yang dijadikan lokasi penelitian.
- g. Penentuan Kemiringan Lereng
Kemiringan lereng dibagi menjadi beberapa kelas yaitu dataran rendah (0-2 %), dataran rendah pedalaman (3-7

%), perbukitan rendah (8-13 %), perbukitan (14-20 %), perbukitan tinggi (21-55 %), pegunungan (56-140 %) dan sangat curam pegunungan tinggi (≥ 140 %). (sumber :Van Zuidam, 1985)

- h. Pengambilan Sempel Ketinggian
Pengambilan sampel titik ketinggian, ALOS PALSAR, dan ASTER GDEM V2, untuk mengetahui perbedaan ketinggiannya dari perbandingan kedua data memvalidasi menggunakan data pengukuran GPS geodetik.
- i. *Flow Direction*
Setelah itu perkiraan jalur aliran Hidrologi dengan metode *steepest slope* dan *Lowest Heights*, ditentukan arah aliran (*flow direction*) hidrologinya.
- j. *Flow Accumulation*
dilakukan perkiraan pemodelan jalur aliran Hidrologi dengan metode *steepest slope* dan *Lowest Heights*, di tentukan akumulasi alirannya (*flow accumulation*).
- k. Pengambilan Sempel GCP dilapangan
Melakukan survey lapangan, melakukan pengambilan koordinat GCP dan memfoto objek.
- l. Perbandingan Koordinat lapangan dan GCP
Melakukan perbandingan antara koordinat lapangan dengan koordinat GCP dan menghitung nilai RMSE, Jika RMSE lebih besar dari 1 maka melakukan pengambilan kembali koordinat dilapangan dan jika RMSE kurang dari sama dengan 1 maka lanjut ketahap berikutnya.
- m. *Overlay*
Melakukan *Overlay* aliran Hidrologi dengan data Peta (Kawasan Rawan Bencana) Gunung Kelud.
- n. Anlisa
Anlisa hasil jalur aliran hidrologi (lahar dan lava) validasi dengan KRB (Kawasan Rawan Bencana) Gunung Kelud.
- o. *Kartografi*

Pembuatan *Layout* peta berdasarkan Ilmu *Kartografi* di *software* Arcgis 10.2.2.

p. Peta Aliran Hidrologi

Setelah itu jadi peta Aliran Hidrologi dari data ALOS PALSAR, dan ASTER GDEM V2.

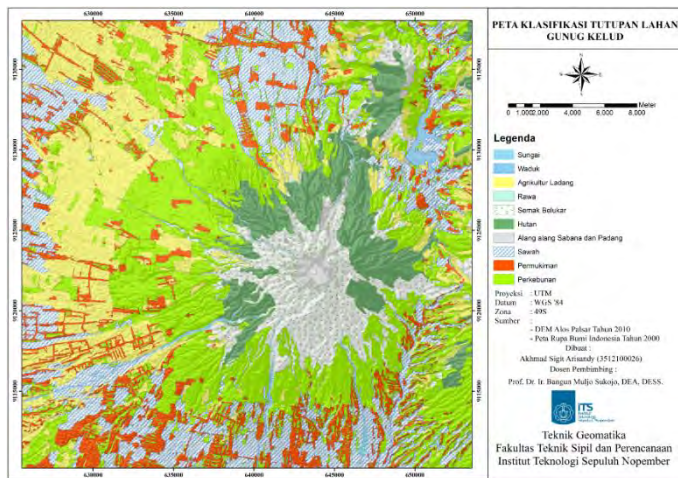
BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil

4.1.1 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

Untuk mengetahui area apa saja yang terdampaklah dari Gunung kelud maka, dilakukan Klasifikasi Tutupan Lahan yang nantinya dapat digunakan analisa tutupan apa saja yang terdampak dan luasan yang terdampak dari aliran hidroplogi (lahar dan lava). Berikut hasil klasifikasi tutupan Lahan :



Gambar 4.1 Klasifikasi Tutupan Lahan

Berdasarkan proses klasifikasi yang telah dilakukan, didapatkan sepuluh kelas yaitu sungai, waduk, Agrikultur ladang, rawa, semak belukar, hutan, alang-alang sabana padang, sawah, pemukiman, dan perkebunan. Hasil analisa tutupan lahan terdapat 10 kelas, namun hanya 8 kelas yang

terdampak aliran hidrologi (lahar dan lava) yaitu alang-alang 698,49 ha, semak belukar 3.497,16 ha, hutan 2.553,34 ha, perkebunan 2.110,4 ha, pemukiman 649,39 ha, Sawah 2.301,01 ha, ladang 2.076,1 ha, dan Sungai 408,3 ha, dengan luas keseluruhan tutupan Lahan terdampak sebesar 14.294,18 ha.

4.1.2 Pengambilan Sempel Ketinggian

Untuk menguji hasil nilai Z dari kedua data DEM maka menghitung nilai RMSE (*Root Mean Square Errors*) dan Korelasi Pearson (r). Dari hasil pengambilan sampel Z sebanyak 39 titik, didapatkan bahwa :

Tabel 4.1 Hasil RMSE pengambilan sampel ketinggian

No	Keterangan	RMSE
1	Aster dengan RBI	3,074
2	Alos dengan RBI	2,781
3	Aster degan Alos	4,183
4	Aster dengan GPS	3,83
5	Alos dengan GPS	3,25
6	Aster dengan GPS Handhald	3,975
7	Alos dengan GPS Handhald	3,237

Sesui Perka BIG no. 15 tahun 2014 bahwa pada kelas 1 untuk peta dengan skala 1:100.000 memiliki nilai RMSE vertical sebesar 20 m(BIG, 2014). maka dapat digunakan untuk peta penentuan aliran hidrlogi (lahar dan lava) Gunung Kelud, Jawa Timur.

Sedangkan hasil korelasi dari sampel ketinggian dari beberapa data adalah sebagai berikut :

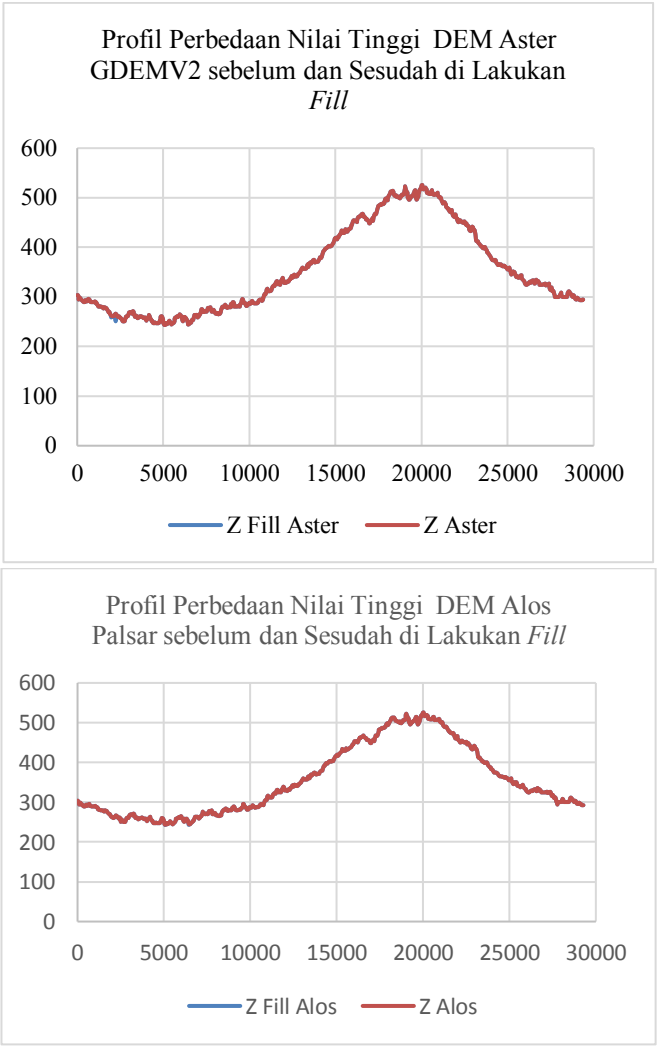
Tabel 4.2 Hasil Korelasi pengambilan sampel ketinggian

No	Keterangan	KORELASI
1	Aster dengan RBI	0,92
2	Alos dengan RBI	0,93
3	Aster degan Alos	0,92
4	Aster dengan GPS	0,91
5	Alos dengan GPS	0,94
6	Aster dengan GPS Handhald	0,91
7	Alos dengan GPS Handhald	0,92

Rentang nilai 0–0,5 menunjukkan korelasi lemah, 0,5-0,8 korelasi sedang dan 0,8-1 korelasi kuat (Sujana, 2002).

4.1.3 Perbaikan DEM

DEM Aster GDV2 dan Alos Palsar sdah dalam keadaa teroreksi geometric sehingga tidak memerlukan koreksi geometric. Untuk menghilangkan *sink* atau *depression* yaitu kondisi dimana terdapat perbedaan elevasi yang mencolok dengan cakupan sangat Kecil pada data DEM maka diperlukan koreksi *fill sink*. Dalam pengolahan kajian hidrologi, hal ini dapat mengganggu perhitungan, maka perlu dihilangkan terlebih dahulu dengan dilakukan koreksi *fill sink*. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan pola aliran hidrologi yang akurat dan presisi. Dari lokasi pengambilan didapatkan profil tinggi antara data DEM Aster GDEMv2 dan Alos Palsar. gambar 4.2 adalah hasil profil data DEM sebelum dan sesudah dilakukan *fill sinks*.

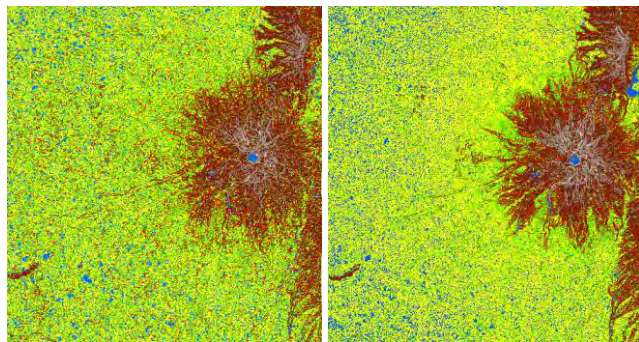


Gambar 4.2 Profil DEM sebelum dan sesudah
dilakukan *Fill*

Dari hasil *fill sink* pada DEM alos palsar tidak mengalami perubahan antara sesudah dan sebelum dilakukan *fill sink*, namun pada DEM aster mengalami perbedaan setelah dilakukan *fill sink* sebesar 0,217 m.

4.1.4 Penentuan Kemiringan (*Slope*)

Penentuan kemiringan *Slope* digunakan untuk menentukan jumlah sampel dalam melakukan pengambilan sampel dilapangan. Dalam menentukan kemiringan sesuai dengan (Van Zuidam, 1985) yang dijelaskan pada bab (2.8.1). sehingga di dapat hasil kemiringan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4.3 Penentuan Kemiringan (*Slope*) DEM Aster
GDEM V2 Sebelah kiri dan kanan Alos Palsar

Hasil dari penentuan kemiringan (*Slope*) yang diterapkan pada Kedua DEM menunjukan bahwa ada perbedaan antara ketinggian data DEM Alos Palsar. 0-2% menunjukkan (<50m), 2-7% (50–100m), 7-13% (100-200m), 13-20% (200-500m), 20-55% (500-1.500m), 55-

140% (1.500-3.000m), >140% (>3.000m). (Van Zuidam, 1985)

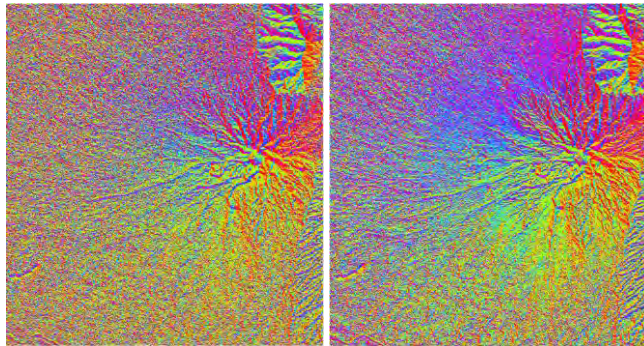
Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa Gunung Kelud dari DEM Aster memiliki tinggi 1.711mdpl, sedangkan DEM Alos memiliki tinggi 1.730 mdpl dan termasuk pegunungan dengan rentang nilai 55-140% yaitu yang memiliki rentang ketinggian 1.500-3.000m. Sesuai dengan BNPB bahwa Puncak Gunung Kelud 1.731 mdpl.

4.1.5 Menentukan Arah Aliran (*Flow Direction*) Metode *Steepest Slope*

Proses selanjutnya adalah flow direction yaitu proses penentuan daerah aliran yang menghasilkan informasi arah aliran lereng pada setiap piksel atau Metode penentuan arah aliran sesuai dengan arah mata angin. Arah aliran ini meliputi N (*North*), E (*East*), W (*West*), S (*South*), NE (*Nort east*), NW (*Nortwest*), SE (*SourtEast*), dan SW (*Southwest*). Pada proses ini dapat terlihat bagaimana aliran lahar dan lava gunung berapi yang dapat menyusuri daerah aliran, baik berupa sungai maupun yang mirip sungai. Secara geologi, lahar dan lava akan mengalir pada unsur geomorfologi yang memiliki *slope* tinggi dengan *aspect* tertentu sesuai susunan nilai tinggi yang menyerupai pola sungai.

Penentuan arah aliran menggunakan Metode *steepest slope* teori aliran hidrologi dimana algoritmanya sudah dijelaskan pada bab (2.9).

Kemudian prinsip algoritma aliran hidrologi tersebut diterapkan untuk menentukan aliran hidrologi (lahar dan lava).



Gambar 4.4 *Flow Direction* DEM Aster GDEM2
Sebelah kiri dan kanan Alos Palsar

Pada gambar 4.4 bahwa DEM (*Digitel Elevation Model*) Alos Palsar menunjukan arah aliran menuju arah utara, barat dan selatan.

Sehingga di dapatkan hasil arah aliran dari tiap piksel dan masing-masing data yang dapat dilihat pada tabel (4.3) dan (4.4).

Tabel 4.3 *Flow Direction* Metode *Steepest Slope* DEM Aster GDEM2

Direction Code	Direction and Colour	Jumlah Piksel	Presentase
1	Timur (Hijau)	164.602	13%
2	Tenggara (Hijau Muda)	114.759	9%
4	Selatan (Biru Langit)	202.759	16%
8	Barat Daya (Biru Laut)	153.422	12%
16	Barat (Biru)	220.815	17%
32	Barat Laut (Merah Muda)	148.245	12%
64	Utara (merah)	180.139	14%
128	Timur Laut (Kuning)	99.752	8%
<i>Jumlah Piksel</i>		1.284.493	100%

Tabel 4.4 *Flow Direction* Metode *Steepest Slope* DEM Alos Palsar

Direction Code	Direction and Colour	Jumlah Piksel	Presentase
1	Timur (Hijau)	764.296	10%
2	Tenggara (Hijau Muda)	564.683	7%
4	Selatan (Biru Langit)	1.115.659	14%
8	Barat Daya (Biru Laut)	879.609	11%
16	Barat (Biru)	1.691.658	21%
32	Barat Laut (Merah Muda)	948.416	12%
64	Utara (merah)	1.516.913	19%
128	Timur Laut (Kuning)	470.346	6%
<i>Jumlah Piksel</i>		7.951.580	100%

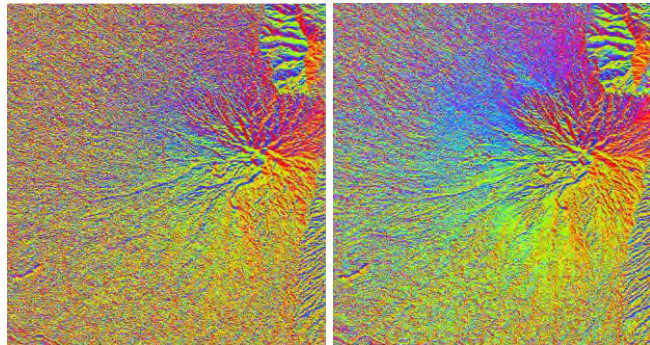
Tabel di atas menunjukkan arah aliran yang terbentuk dari kedua data DEM. Hasil dari dari pengolahan tahap *flow direction* metode *steepest slope*, arah aliran hidrologi yang dominan dari puncak gunung Kelud adalah menuju ke arah barat, selatan, utara, barat laut dan timur. Terlihat dari jumlah presentase piksel dari masing-masing data yang arahnya terdefinisikan ya itu arah timur dengan presentase 13% pada DEM Aster GDEM V2 dan 9% pada DEM Alos Palsar, kemudian arah tenggara dengan presentase 9% pada DEM Aster GDEM V2 dan 7% pada DEM Alos, arah selatan dengan presentase 16% pada DEM Aster GDEM V2 dan 14% pada DEM Alos, arah barat daya dengan presentase 12% pada DEM Aster GDEM V2 dan 11% pada DEM Alos Palsar, arah barat dengan presentase 17% pada DEM Aster GDEM V2 dan 21% pada DEM Alos Palsar, arah

barat laut yang sama yaitu 12%, arah utara dengan presentase 14% pada DEM Aster GDEM V2 dan 19% pada DEM Alos Palsar, dan arah timur dengan presentase 8% pada DEM Aster GDEM V2 dan 6% pada DEM Alos Palsar.

4.1.6 Menentukan Arah Aliran (*Flow Direction*) Metode *Lowest Height*

Penentuan arah aliran menggunakan Metode *lowest height* teori aliran hidrologi dimana algoritmanya sudah dijelaskan pada bab (2.10).

Kemudian prinsip algoritma aliran hidrologi tersebut diterapkan untuk menentukan aliran hidrologi (lahar dan lava).



Gambar 4.5 *Flow Direction* DEM Aster GDEM V2 Sebelah kiri dan kanan Alos Palsar

Pada gambar 4.6 bahwa DEM (*Digital Elevation Model*) Alos Palsar menunjukkan arah aliran menuju arah barat daya, barat, dan barat laut.

Sehingga di dapatkan hasil arah aliran dari tiap piksel dan masing-masing data yang dapat dilihat pada tabel (4.5) dan (4.6).

Tabel 4.5 *Flow Direction* Metode *Lowest Height* DEM Aster
GDEM2

Direction Code	Direction and Colour	Jumlah Piksel	Presentase
1	Timur (Hijau)	120.255	9%
2	Tenggara (Hijau Muda)	191.788	15%
4	Selatan (Biru Langit)	120.558	9%
8	Barat Daya (Biru Laut)	244.443	19%
16	Barat (Biru)	136.811	11%
32	Barat Laut (Merah Muda)	230.881	18%
64	Utara (merah)	97.356	8%
128	Timur Laut (Kuning)	142.401	11%
<i>Jumlah Piksel</i>		1.284.493	100%

Tabel 4.6 *Flow Direction* Metode *Lowest Height* DEM Alos
Palsar

Direction Code	Direction and Colour	Jumlah Piksel	Presentase
1	Timur (Hijau)	801.174	10%
2	Tenggara (Hijau Muda)	794.037	10%
4	Selatan (Biru Langit)	1.316.168	17%
8	Barat Daya (Biru Laut)	1.087.946	14%
16	Barat (Biru)	1.509.057	19%
32	Barat Laut (Merah Muda)	1.116.782	14%
64	Utara (merah)	810.875	10%
128	Timur Laut (Kuning)	515.541	6%
<i>Jumlah Piksel</i>		7.951.580	100%

Tabel di atas menunjukkan arah aliran yang terbentuk dari kedua data DEM. Hasil dari dari pengolahan tahap *flow direction* metode *lowest height*, arah aliran hidrologi yang dominan dari puncak gunung Kelud adalah menuju ke arah barat, barat daya, barat laut, utara, selatan dan timur. Terlihat dari jumlah presentase piksel dari masing-masing data yang arahnya terdefiniskan ya itu arah timur dengan presentase 9% pada DEM Aster GDEM V2 dan 10% pada DEM Alos Palsar, kemudian arah tenggara dengan presentase 15% pada DEM Aster GDEM V2 dan 10% pada DEM Alos, arah selatan dengan presentase 9% pada DEM Aster GDEM V2 dan 17% pada DEM Alos, arah barat daya dengan presentase 19% pada DEM Aster GDEM V2 dan 14% pada DEM Alos Palsar, arah barat dengan presentase 11% pada DEM Aster GDEM V2 dan 19% pada DEM Alos Palsar, arah barat laut presentase 18% pada DEM Aster GDEM V2 dan 14% pada DEM Alos Palsar, arah utara dengan presentase 8% pada DEM Aster GDEM V2 dan 10% pada DEM Alos Palsar, dan arah timur dengan presentase 11% pada DEM Aster GDEM V2 dan 6% pada DEM Alos Palsar.

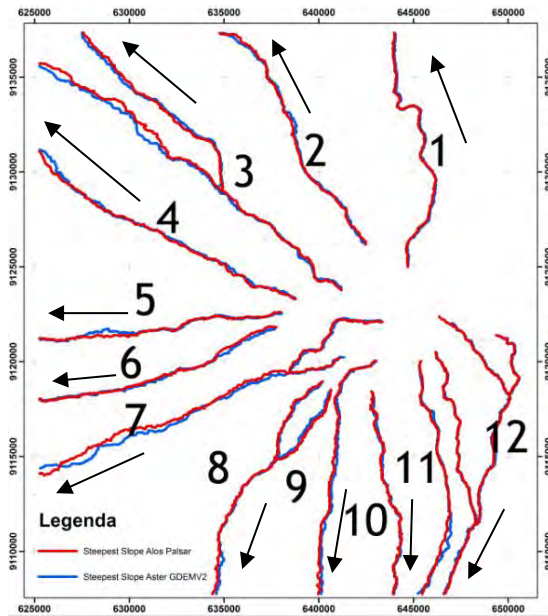
4.1.7 Menentukan Aliran Akumulasi (*Flow Accumulation*)

Metode *Steepest Slope*

Flow Accumulation memiliki fungsi untuk memodelkan mengenai akumulasi aliran hidrologi yang terjadi pada suatu daerah yang ada di permukaan bumi. *flow accumulation* merupakan jumlah akumulasi aliran air atau jaringan sungai sebenarnya di lapangan atau metode yang digunakan dalam penentuan arah aliran yang berupa bentukan

garis. sebagai hasil ukur akan terdapat nilai akumulasi air yang biasanya identik dengan aliran hidrologi yang sebenarnya di lapangan.

Penentuan akumulasi aliran yang di dihasilkan dari penentuan arah aliran (*flow direction*) kemudian menentukan akumulasi aliran (*flow accumulation*) dari teori aliran hidrologi dimana algoritmanya sudah dijelaskan pada bab sebelumnya (2.10.2). kemudian hasil akumulasi aliran dalam bentuk 2 dimensi.



Gambar 4.6 Hasil *Flow Accumulation Steepest Slope* DEM Aster GDEMV2 dan Alos Palsar

Dari gambar hasil *Flow Accumulation* DEM Aster GDEMV2 dan Alos Palsar di dapatkan arah aliran akumulasi awal sampai akhir.

Tabel 4.7 Diskripsi *Flow Acumulation Steepest Slope* DEM
Aste GDEM V2 gambar 4.7

<i>No</i>		<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Z (m)</i>	Δx (<i>m</i>)	Δy (<i>m</i>)	Δz (<i>m</i>)	<i>Arah</i>
1	Awal	644.703	9.125.005	886	701	12.322	636	Utara
	Akhir	644.002	9.137.327	250				
2	Awal	642.487	9.126.207	817	7.565	11.128	643	Barat Laut
	Akhir	634.923	9.137.336	174				
3	Awal	641.199	9.123.809	929	15.936	11.901	757	Barat Laut
	Akhir	625.263	9.135.710	172				
4	Awal	638.779	9.123.301	798	13.515	7.778	595	Barat Laut
	Akhir	625.264	9.131.079	203				
5	Awal	638.008	9.122.610	777	12.746	1.371	506	Barat
	Akhir	625.262	9.121.239	271				
6	Awal	637.658	9.121.698	708	12.395	3.702	428	Barat
	Akhir	625.263	9.117.996	280				
7	Awal	643.265	9.122.164	1.267	17.957	7.798	1016	Barat Daya
	Akhir	625.307	9.114.366	251				
8	Awal	640.161	9.118.896	819	5.571	11.141	541	Selatan
	Akhir	634.590	9.107.756	278				
9	Awal	643.034	9.120.014	986	2.907	12.257	702	Selatan
	Akhir	640.127	9.107.757	283				
10	Awal	642.785	9.118.418	916	1.187	10.663	603	Selatan
	Akhir	643.972	9.107.755	313				
11	Awal	645.348	9.120.010	942	114	12.235	615	Selatan
	Akhir	645.234	9.107.775	327				
12	Awal	646.181	9.120.473	1.030	401	12.702	721	Selatan
	Akhir	646.581	9.107.771	309				

Tabel 4.8 Diskripsi *Flow Acumulation Steepest Slope DEM*
Alos Palsar gambar 4.7

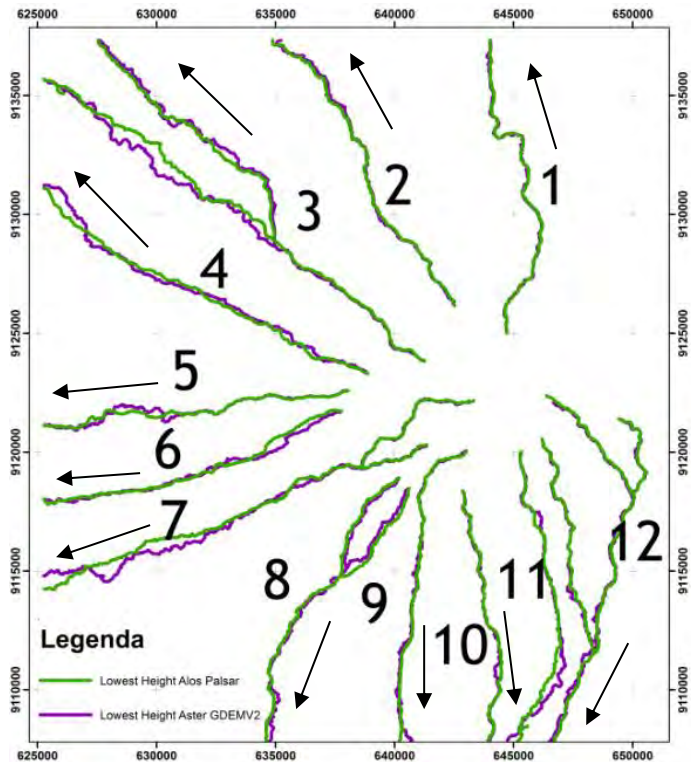
<i>No</i>		<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Z (m)</i>	Δx (<i>m</i>)	Δy (<i>m</i>)	Δz (<i>m</i>)	<i>Arah</i>
1	Awal	644.698	9.124.997	905	719	12.328	663	Utara
	Akhir	643.979	9.137.325	242				
2	Awal	642.477	9.126.186	825	7.706	11.145	648	Barat Laut
	Akhir	634.770	9.137.331	177				
3	Awal	641.189	9.123.774	825	15.926	11.943	659	Barat Laut
	Akhir	625.263	9.135.716	166				
4	Awal	638.779	9.123.301	770	13.514	7.771	561	Barat Laut
	Akhir	625.264	9.131.072	209				
5	Awal	638.000	9.122.620	769	12.735	1.374	491	Barat
	Akhir	625.265	9.121.247	278				
6	Awal	637.765	9.121.827	708	12.502	3.783	426	Barat
	Akhir	625.263	9.118.044	282				
7	Awal	643.359	9.122.105	129	18.099	7.996	-132	Barat Daya
	Akhir	625.260	9.114.109	261				
8	Awal	640.198	9.118.958	821	5.817	11.204	533	Selatan
	Akhir	634.381	9.107.754	288				
9	Awal	643.014	9.120.049	993	3.043	12.294	669	Selatan
	Akhir	639.971	9.107.754	324				
10	Awal	642.785	9.118.418	915	1.186	10.664	593	Selatan
	Akhir	643.971	9.107.754	321				
11	Awal	645.351	9.120.028	954	109	12.274	617	Selatan
	Akhir	645.460	9.107.754	337				
12	Awal	646.175	9.120.503	1.028	400	12.749	696	Selatan
	Akhir	646.575	9.107.753	332				

4.1.8 Menentukan Aliran Akumulasi (*Flow Accumulation*)

Metode *Lowest Height*

Penentuan arah aliran menggunakan Metode *lowest height* teori aliran hidrologi dimana algoritmanya sudah dijelaskan pada bab (2.9.2).

Kemudian prinsip algoritma aliran hidrologi tersebut diterapkan untuk menentukan aliran hidrologi (lahar dan lava).



Gambar 4.7 Hasil *Flow Accumulation Lowest Height* DEM Aster GDEM V2 dan Alos Palsar

Tabel 4.9 Diskripsi *Flow Acumulation Lowest Height DEM*
Aster GDEMv2 gambar 4.8

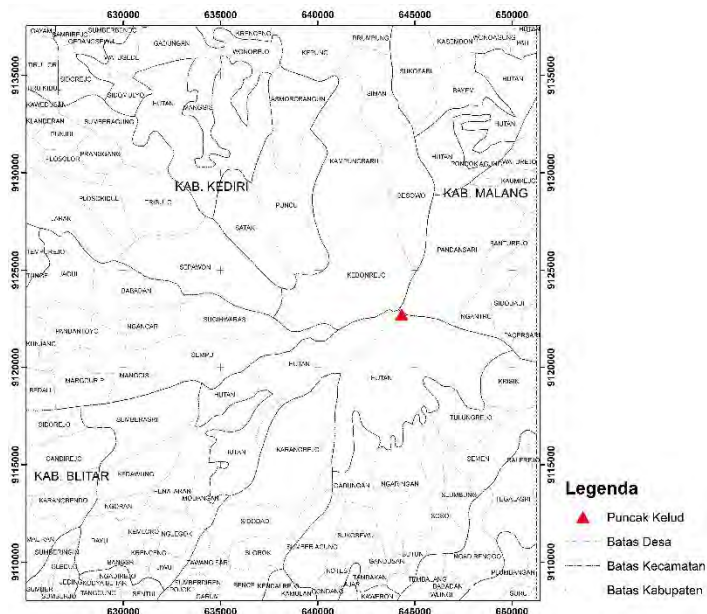
<i>No</i>		<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Z (m)</i>	Δy (<i>m</i>)	Δy (<i>m</i>)	Δz (<i>m</i>)	<i>Arah</i>
1	Awal	644.703	9.125.001	887	701	12.327	646	Utara
	Akhir	644.003	9.137.328	240				
2	Awal	642.516	9.126.196	818	7.293	11.134	642	Barat Laut
	Akhir	635.223	9.137.330	176				
3	Awal	641.223	9.123.845	925	15.957	11.854	762	Barat Laut
	Akhir	625.265	9.135.698	163				
4	Awal	638.789	9.123.311	798	13.527	7.790	592	Barat Laut
	Akhir	625.262	9.131.101	206				
5	Awal	638.031	9.122.600	780	12.762	1.465	506	Barat
	Akhir	625.268	9.121.135	274				
6	Awal	637.724	9.121.677	704	12.462	3.653	425	Barat
	Akhir	625.262	9.118.024	279				
7	Awal	643.129	9.122.176	1.256	17.873	7.373	1.006	Barat Daya
	Akhir	625.256	9.114.804	250				
8	Awal	640.177	9.118.892	822	5.468	11.132	545	Selatan
	Akhir	634.709	9.107.761	276				
9	Awal	643.007	9.120.063	980	2.371	12.304	699	Selatan
	Akhir	640.637	9.107.759	281				
10	Awal	642.902	9.118.326	913	1.073	10.569	598	Selatan
	Akhir	643.975	9.107.757	316				
11	Awal	645.326	9.119.981	950	224	12.212	618	Selatan
	Akhir	645.101	9.107.769	332				
12	Awal	646.268	9.120.368	1.024	285	12.608	719	Selatan
	Akhir	646.553	9.107.761	305				

Tabel 4.10 Diskripsi *Flow Acumulation Lowest Height DEM*
Alos Palsar gambar 4.8

<i>No</i>		<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Z (m)</i>	Δx (<i>m</i>)	Δy (<i>m</i>)	Δz (<i>m</i>)	<i>Arah</i>
1	Awal	644.702	9.125.002	899	700	12.325	657	Utara
	Akhir	644.002	9.137.328	242				
2	Awal	642.515	9.126.207	822	7.644	11.129	644	Barat Laut
	Akhir	634.871	9.137.336	178				
3	Awal	641.265	9.123.827	826	16.001	11.884	658	Barat Laut
	Akhir	625.264	9.135.712	168				
4	Awal	638.783	9.123.298	773	13.520	7.800	562	Barat Laut
	Akhir	625.263	9.131.098	211				
5	Awal	638.031	9.122.600	774	12.768	1.492	498	Barat
	Akhir	625.262	9.121.108	276				
6	Awal	637.760	9.121.746	710	12.498	3.719	428	Barat
	Akhir	625.262	9.118.027	282				
7	Awal	643.327	9.122.177	1.279	18.067	7.943	1.020	Barat Daya
	Akhir	625.260	9.114.234	259				
8	Awal	640.188	9.118.916	815	5.563	11.156	528	Selatan
	Akhir	634.625	9.107.761	287				
9	Awal	643.026	9.120.042	990	2.811	12.286	669	Selatan
	Akhir	640.215	9.107.756	321				
10	Awal	642.770	9.118.432	911	1.220	10.668	591	Selatan
	Akhir	643.990	9.107.764	320				
11	Awal	645.339	9.120.027	944	200	12.292	612	Selatan
	Akhir	645.139	9.107.735	332				
12	Awal	646.201	9.120.552	1.028	440	12.799	716	Selatan
	Akhir	646.642	9.107.753	312				

4.1.9 Digitasi Batas Administrasi

Aliran hidrologi (lahar dan lava) batas administrasi desa terdampak Gunung kelud. Hasil digitasi terdapat 3 kabupaten, 23 kecamatan, dan desa. Berikut hasil digitasi batas Administrasi desa yang berpotensi terdampak material letusan gunung kelud pada gambar

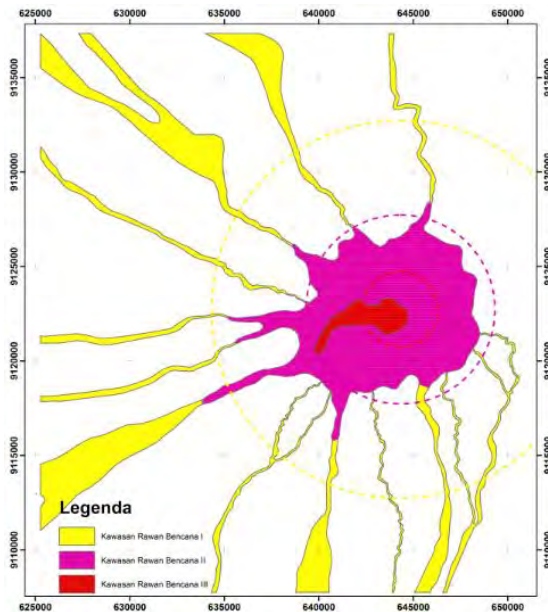


Gambar 4.8 SHP Desa kemungkinan Terdampak

Batas administrasi di dapatkan dari hasil digitasi peta Rupa Bumi Indonesia tahun 2000 skala 1:25000. Adapun batas administrasi tersebut adalah berupa batas Kabupaten/Kota, batas Kecamatan dan batas Desa yang nantinya digunakan untuk menganalisa daerah mana aja yang terdampak dari aliran hidrologi (lava dan lahar)

4.1.10 Digitasi Kawasan Rawan Bencana Gunung Kelud

Digitasi peta kawasan rawan bencana dari data BNPB ini, nantinya digunakan untuk *overlay* dengan model aliran yang sudah dibuat, sebagai validasi jalur aliran yang telah ditentukan berdasarkan teori aliran hidrologi. Validasi ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan hasil aliran yang terbentuk melalui teori aliran hidrologi. Hasil digitasi Zona Kawasan Rawan Bencana dari Peta Kawasan Rawan Bencana BNPB adalah sebagai berikut.



Gambar 4.9 Digitasi Kawasan Rawan Bencana Gunung Kelud

4.1.11 Zonasi Kawasan Rawan Bencana

Menerut data BNPB, zonasi daerah Kawasan rawan bencana Gunung Kelud dibagi menjadi 3 kawasan, yaitu :

a. Kawasan Rawan Bencana (KRB) III

Kawasan Rawan Bencana (KRB) III, adalah kawasan yang sering terlanda awan panas, aliran lava, material lontaran dan guguran batu (pijar). Kawasan Rawan Bencana III dalam radius 2 km dari pusat erupsi. Ancaman di kawasan ini adalah awan panas, gas racun, lahar letusan, aliran lava, dan kawasan yang sangat berpotensi tertimpa lontaran batu (pijar) dan hujan abu lebat. Kawasan

b. Rawan Bencana (KRB) II

Kawasan Rawan Bencana (KRB) II dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu:

- i. Kawasan rawan bencana terhadap aliran lava, seperti awan panas, aliran lahar dan lava yang berpotensi melanda sungai yang berhulu dari puncak gunung Kelud.
- ii. Kawasan rawan bencana terhadap material lontaran batu (pijar), dan hujan abu lebat dalam radius lingkaran 5 km dari kawah aktif puncak gunung Kelud tanpa memperhitungkan arah tiupan angin.

c. Kawasan Rawan Bencana (KRB) I

Kawasan Rawan Bencana (KRB) I dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu:

- i. Kawasan rawan bencana terhadap aliran lava, seperti lahar/banjir dan kemungkinan terlanda perluasan awan panas atau aliran lava.
- ii. Kawasan rawan bencana terhadap material jatuhnya seperti jatuhnya abu dan kemungkinan dapat terkena lontaran batu pijar dalam radius lingkaran 10 km dari pusat erupsi letusan Gunung Kelud.

Tabel 4.11 Zona Kawasan Rawan Bencana Desa Kemungkinan
Terdampak di Kabupaten Kediri

<i>Zona</i>	<i>Kecamatan</i>	<i>Desa</i>
KRB III	Ngancar	Sempu
	Puncu	Kebonrejo
KRB II	Ngancar	Sugiharas
	Ngancar	Sempu
	Plosoklaten	Plosoklaten
	Plosoklaten	Sepawon
	Puncu	Puncu
	Puncu	Saak
	Puncu	Kampungbaru
	Puncu	Kebonrejo
	Kepung	Besowo
KRB I	Ngancar	Ngancar
	Ngancar	Sugiharas
	Ngancar	Pandantoyo
	Ngancar	Kunjang
	Wates	Tawang
	Wates	Segaran
	Wates	Duwet
	Wates	Selosari
	Plosaoklaten	Plosokidul
	Plosaoklaten	Benggolo
	Plosaoklaten	Dunganti
	Gurah	Bangkok
	Gurah	Besok
	Gurah	Banyuanyar
	Gurah	Gurah

Pagu	Wonosari
Pagu	Bulupasar
Pagu	Tanjung

Tabel 4.12 Zona Kawasan Rawan Bencana Desa
Kemungkinan Terdampak di Kabupaten Blitar

<i>Zona</i>	<i>Kecamatan</i>	<i>Desa</i>
KRB III	Hutan	Hutan
KRB II	Garum	Karangrejo
	Garum	Sumbersari
	Gandunsari	Soso
	Gandunsari	Ngadungan
	Gandunsari	Ngaringan
	Gandunsari	Tulungrejo
KRB I	Nglengok	Sumberasri
	Nglengok	Kedawung
	Nglengok	Modangan
	Nglengok	Nglengok
	Ponggok	Candirejo
	Ponggok	Bacem
	Ponggok	Ponggok
	Ponggok	Karangbendo
	Ponggok	Maliran
	Garum	Karangrejo
	Garum	Sidodadi
	Garum	Garum
	Gandunsari	Sumberagung
	Gandunsari	Gondang
	Gandunsari	Krisik

Talun	Kamalun
Wlingi	Wlingi
Talun	Babatan
Wlingi	Ngadirenggo

Tabel 4.13 Zona Kawasan Rawan Bencana Desa Kemungkinan Terdampak di Kabupaten Malang

<i>Zona</i>	<i>Kecamatan</i>	<i>Desa</i>
KRB III	Ngantang	Pandansari
KRB II	Ngantang	Pandansari
	Ngantang	Ngantru

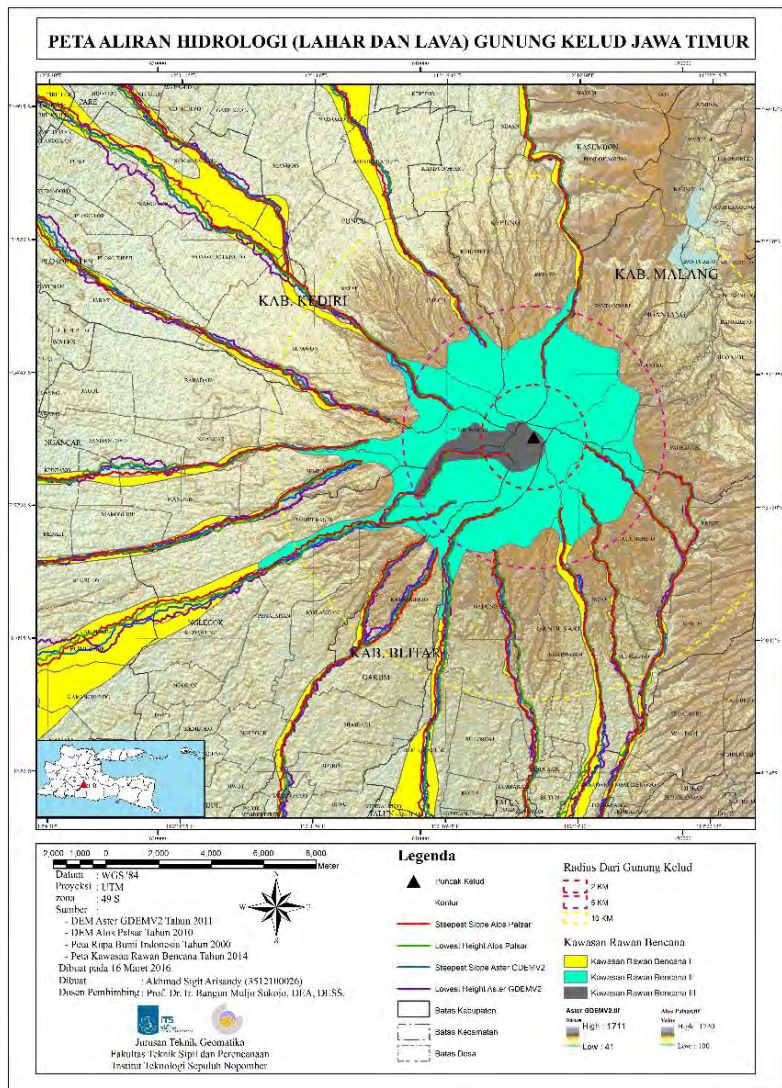
4.1.12 Overlay

Data-data yang sudah diolah kemudian dioverlaykan menggunakan *Software* 10.2.2 dengan syarat sistem proyeksi dari data-data peta yang di overlaykan harus sama. Data tersebut meliputi Citra Lansat 8, DEM Aster GDEM V2, DEM Alos Palsar, data vector batas administrasi, vector aliran lahar dari peta Kawasan Rawan Bencana. Proyeksi yang digunakan dalam peta ini menggunakan sistem proeksi *Universal Transverse Mercator* (UTM) Zona 49 S dengan datum WGS 1984. Adapun nsur-unsur yang terdapat peta Aliran Hidrolgi (lava dan lahar) Gunung Kelud antara lain :

- a. Jalur Aliran Hidrologi (Lava dan lahar) dari data *Digitel Elevation Model* DEM Aster GDEM V2 dan Alos Palsar (sumber : pemodelan aliran hidrologi Metode *Steepest Slope* dan *Lowest Height*.

- b. Kawasan Rawan Bencana Gunung Kelud (Sumber : Peta Kawasan Rawan Bencana Skala 1:60.000 terbitan Badan Nasional Penanggulangan Bencana).
- c. Data vektor (*Shapefile*) Batas Administrasi yaitu : Batas desa, batas kabupaten dan batas kecamatan (tahun 2010) (sumber: Badan Pusat Statistika).
- d. Citra resolusi tinggi PLEIADES tahun 2013 sebagai klasifikasi lokasi pengambilan sampel koordinat (sumber: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional).
- e. Data vektor (*Shapefile*) radius dari gunung Kelud.
- f. Kawasan Rawan Bencana Wilayah Gunung Kelud tahun 2014 (sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana).

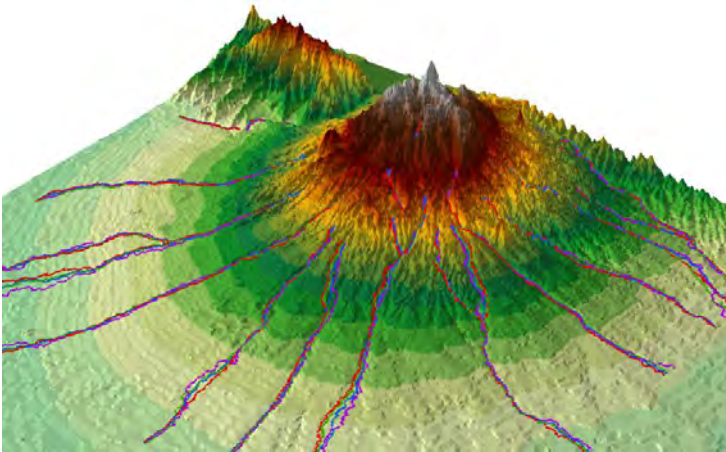
Sehingga dihasilkan sebuah peta Jalur Aliran Lahar dan Lava Gunung Semeru yang dapat digunakan sebagai penunjang sistem mitigasi bencana alam letusan gunung api, seperti yang di sajikan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Peta Aliran Hidrologi (Lahar dan lava) Gunung Kelud Jawa Timur

4.1.13 Model 3D Aliran lahar Metode *Steepest Slope* dan *Lowest Height*

Model 3D dari aliran hidrologi (lahar dan lava) yang di tampilkan pada gambar 4.12 ini digunakan untuk kenampakan topografi yang sebenarnya. Karena bentuk kemiringan lerengnya yang curam, penskalaan ketinggian agar tampak batas antara punggung Gunung dan kelerengannya dilakukan pemberian skala pada ketinggiannya (z) sebesar 1.5 kali.



Gambar 4.11 Model 3D Aliran lahar Metode *Steepest Slope* dan *Lowest Height*

Berdasarkan tampilan visual 3D, topografi Gunung Kelud berbentuk bukit di sebelah timur, sedangkan dibagian barat, utara dan selatan berbentuk lereng. Sehingga benar saja aliran (lahar dan lava) yang terbentuk menuju ke arah barat, utara dan selatan.

4.2 Analisa

4.2.1 Klasifikasi Tutupan Lahan

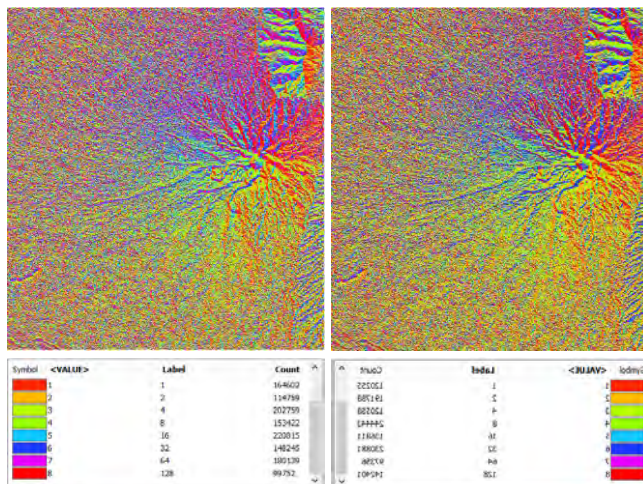
Hasil analisa tutupan Lahan terdapat 10 kelas, namun 8 kelas yang terdapat aliran hidrologi (lahar dan lava) yaitu alang-alang 698,49 ha, semak belukar 3497,16 ha, hutan 2553,34 ha, perkebunan 2110,4 ha, pemukiman 649,39 ha. Sawah 2301,01 ha, ladang 2076,1 ha, dan Sungai 408,3 ha, dengan luas keseluruhan tutupan Lahan terdampak sebesar 14294,18 ha. Area tutupan Lahan yang terdampak aliran hidrologi (lahar dan lava) yang paling besar semak belukar dan area terdampak yang paling Kecil adalah sungai.

4.2.2 Perbandingan hasil *fill* DEM Aster GDEM dan Alos Palsar

Pada setiap data DEM, memiliki satu nilai ketinggian pada tiap pixelnya dan memiliki beda tinggi yang bervariasi antar data DEM. DEM Alos Palsar memiliki resolusi spasial 12.5x12.5 m, lebih baik jika dibandingkan dengan DEM Aster GDEM V2 yang memiliki resolusi spasial 30x30 m. Nilai tinggi yang dihasilkan juga lebih akurat pada DEM Alos Palsar, Nilai tinggi terbesar adalah pada puncak gunung Kelud yang pada DEM Alos Palsar terdefinisi sebesar 1.733 m, sedangkan pada DEM Aster GDEM V2 terdefinisi 1.711 m. Maka dapat dikatakan bahwa akurasi dari DEM Alos Palsar lebih baik jika dibandingkan dengan DEM Aster GDEM V2, karena menurut data dari Pusat Geologi, puncak tertinggi gunung kelud adalah 1.733 meter. Akurasi kedua DEM bagus untuk dataran tinggi namun Rendah untuk dataran Rendah.

4.2.3 Perbedaan nilai *flow Direction* pada Metode *Steepest Slope* dan *Lowest Height*

Dari hasil Pengolahan menggunakan Metode *steepest slope* dan *lowest height*, hasil jalur arah aliran yang terbentuk dari DEM Aster GDEM V2 dan DEM Alos Palsar mengalami perbedaan jalur berdasarkan nilai *pixel*. Hal ini di karenakan perbedaan Algoritma dalam penentuan jalur aliran, untuk Metode *steepest slope* *Steepest slope* merupakan arah aliran menuju nilai piksel terendah dengan memperhitungkan delapan tetangga sekitar ditambah faktor kemiringan sudut tangensial yang terdapat pada ke empat pojok tetangganya, sedangkan Metode *lowest height* tanpa memperhitungkan faktor kemiringannya.

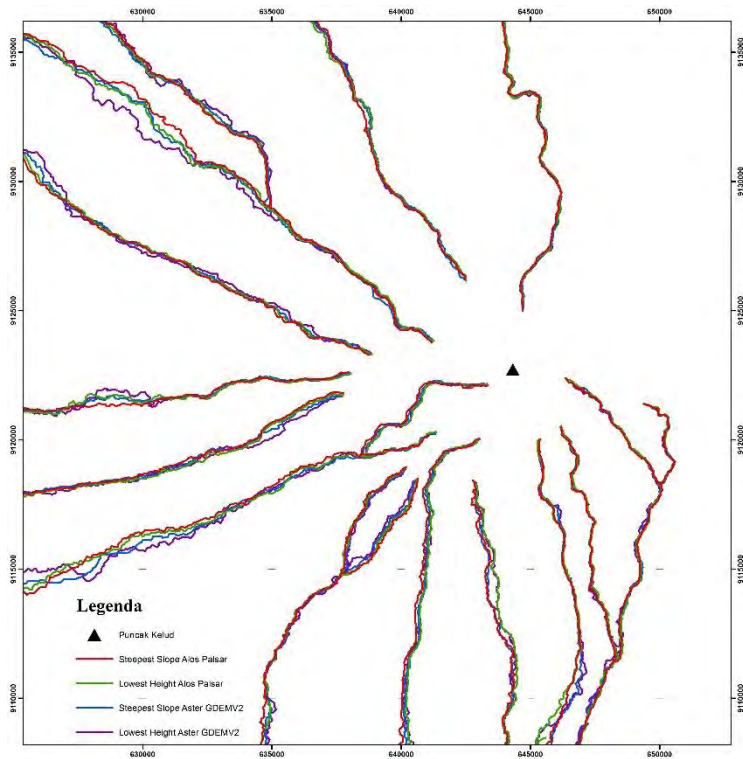


Gambar 4.12 Perbedaan Aster *steepest slope* (kiri) dan Aster *lowest height* (kanan)

Hasil dari pengolahan Tahap *flow direction* metode *steepest slope*, arah aliran hidrologi yang dominan dari Puncak Gunung Kelud adalah menuju ke arah barat (21%), utara (19%), dan Selatan(16%). Sedangkan untuk Metode *lowest height* Lebih dominan menuju ke arah barat (19%), barat laut (18%), dan barat laut (19%).

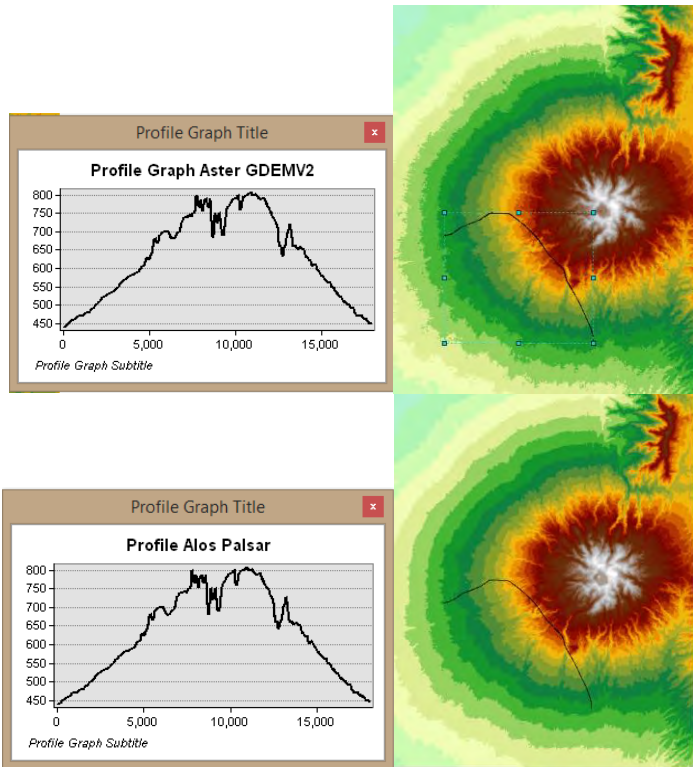
4.2.4 Perbedaan Jalur Arah Akumulasi Aliran pada Metode *Steepest Slope* dan *Lowest Height*

Dari hasil Pengolahan menggunakan Metode *steepest slope* dan *lowest height*, hasil jalur arah aliran yang terbentuk dari DEM Aster GDEM V2 dan DEM Alos Palsar mengalami perbedaan jalur titik transisinya. Hal ini dikarenakan perbedaan waktu pengambilan data yang kemungkinan telah terjadinya perubahan morfologi di beberapa lokasi sehingga menyebabkan perbedaan nilai Z yang dihasilkan oleh kedua data tersebut sama. Seperti Contoh gambar 4.15 dibawah ini dan potongan selengkapanya terlampir di halaman lampiran.



Gambar 4.13 Hasil aliran Metode *steepest slope* dan *lowest height*

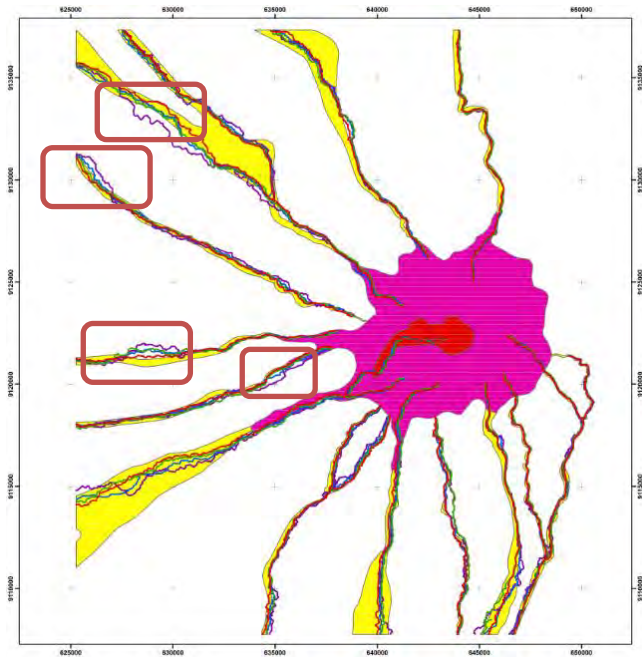
Meskipun demikian hulu dan hilir aliran yang dihasilkan dari kedua data ini tidak mengalami perbedaan yang *signifikan* bahkan relatif sama. Hal ini dikarenakan topografi dari kedua data secara keseluruhan masih *relative* sama, dapat dilihat dari perpotongan yang dilakukan di suatu lokasi menghasilkan profil yang *relative* sama seperti pada gambar 4.14 di bawah ini.



Gambar 4.14 Hasil Grafik Profil Ketinggian

4.2.5 Validasi dengan data Peta Kawan Rawan Bencana

Hasil model aliran mengalami perbedaan di beberapa titik transisi aliran. Hal ini dapat dikarenakan beberapa faktor penyebab yang memungkinkan terjadi waktu perekaman data dan juga resolusi spasial data.



Gambar 4.15 Penyimpangan pola aliran

Hasil aliran yang dimodelkan dengan Metode *steepest slope* dari data DEM Aster GDEM V2 memiliki kesalahan hasil aliran sebesar 9,81% sedangkan data DEM Alos Palsar 7,29%. Sedangkan Metode *lowest height* dari data DEM Aster GDEM V2 memiliki kesalahan hasil aliran sebesar 12,18% sedangkan data DEM Alos Palsar 11,25%. Dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Penyimpangan hasil aliran

<i>Keterangan</i>	<i>Diluar</i>		
	<i>Total</i>	<i>BNPB</i>	<i>Presentase</i>
Steepest Slope Aster GDEM V2	240765	26184	9,81 %
Lowest Height Aster GDEM V3	234433	32517	12,18 %
Steepest Slope Alos Palsar	247491	19459	7,29 %
Lowest Height Alos Palsar	236927	30022	11,25 %

Setelah dilakukan overlay dengan Peta Kawasan Rawan Bencana BNPB, DEM Aster GDEM V2 memiliki pola aliran yang berbeda cukup signifikan di beberapa titik jika dibandingkan dengan DEM Alos Palsar, hal ini ini dapat disebabkan oleh beberapafaktor yaitu:

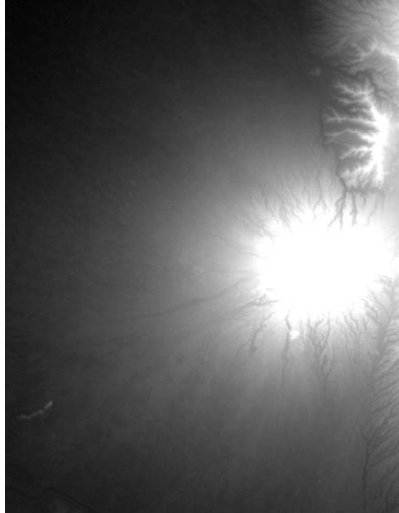
- Resolusi spatial yang dimiliki oleh DEM Alos Palsar juga Lebih besar yaitu 12,5x12,5 m sedangkan pada DEM Aster GDEM adalah 30x30 m.
- Mengalami perbedaan waktu pengambilan data untuk Alos Palsar tahun 2010 dan Aster GDEM V2 2011, sedangkan peta Kawasan rawan Bencana tahun 2014.
- Menurut Katmoko Ari (2011) meskipun memiliki banyak keuntungan pada citra SAR (Alos Palsar), namun juga memiliki kendala-kendala tersebut disebabkan oleh timbulnya *noise speckle* pada citra SAR yang nampak sebagai noise/tekstur bintik-bintik terang-gelap yang tidak beraturan dalam citranya.

4.2.6 Jalur Hidrologi

Dari hasil pengolahan data kedua DEM menggunakan metode *Steepest slope* dan *lowet height* di hasilkan bahwa arah aliran hidrologi dari puncak gunung kelud adalah kelud aliran lahar dan lavanya diperkirakan dominan menuju ke arah utara, barat daya, barat laut, barat dan selatan. berdasarkan arah aliran hidrologi tersebut dapat ditentukan bahwa ketika terjadi bencana letusan gunung menyerupai aliran hidrologi yang telah dimodelkan. Secara garis besar wilayah kawasan rawan bencana ini mempunyai topografi pegunungan di bagian utara Gunung Kembang, Gunung Lirang dan di tenggara gunung Sumbing, sedangkan lereng Gunung Kelud terbentang ke arah barat dan utara di wilayah kabupaten Keidiri. sehingga mempengaruhi arah aliran hidrologi yang lebih dominan menuju ke arah utara, barat daya, barat laut, barat dan Selatan.

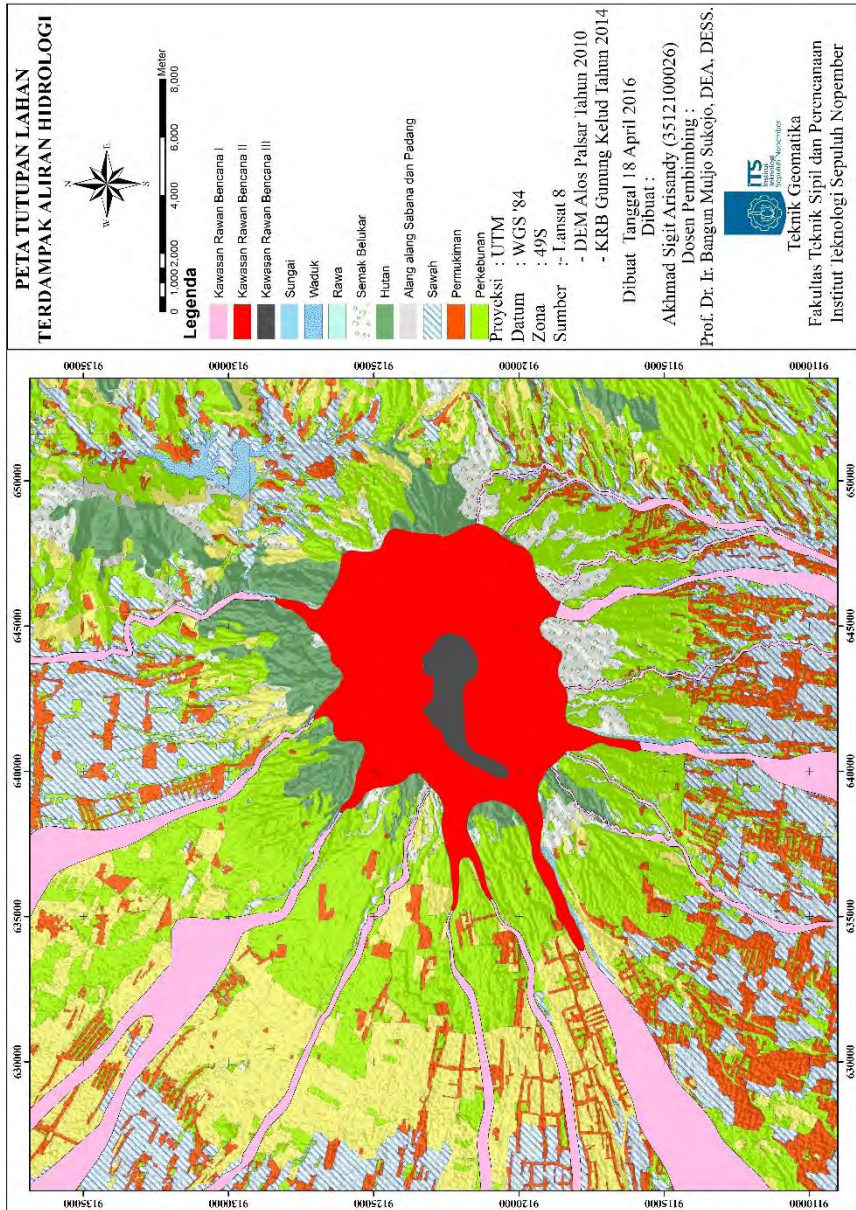
LAMPIRAN 1

DEM Aster GDEMV2 dan DEM Alos Palsar



LAMPIRAN 2

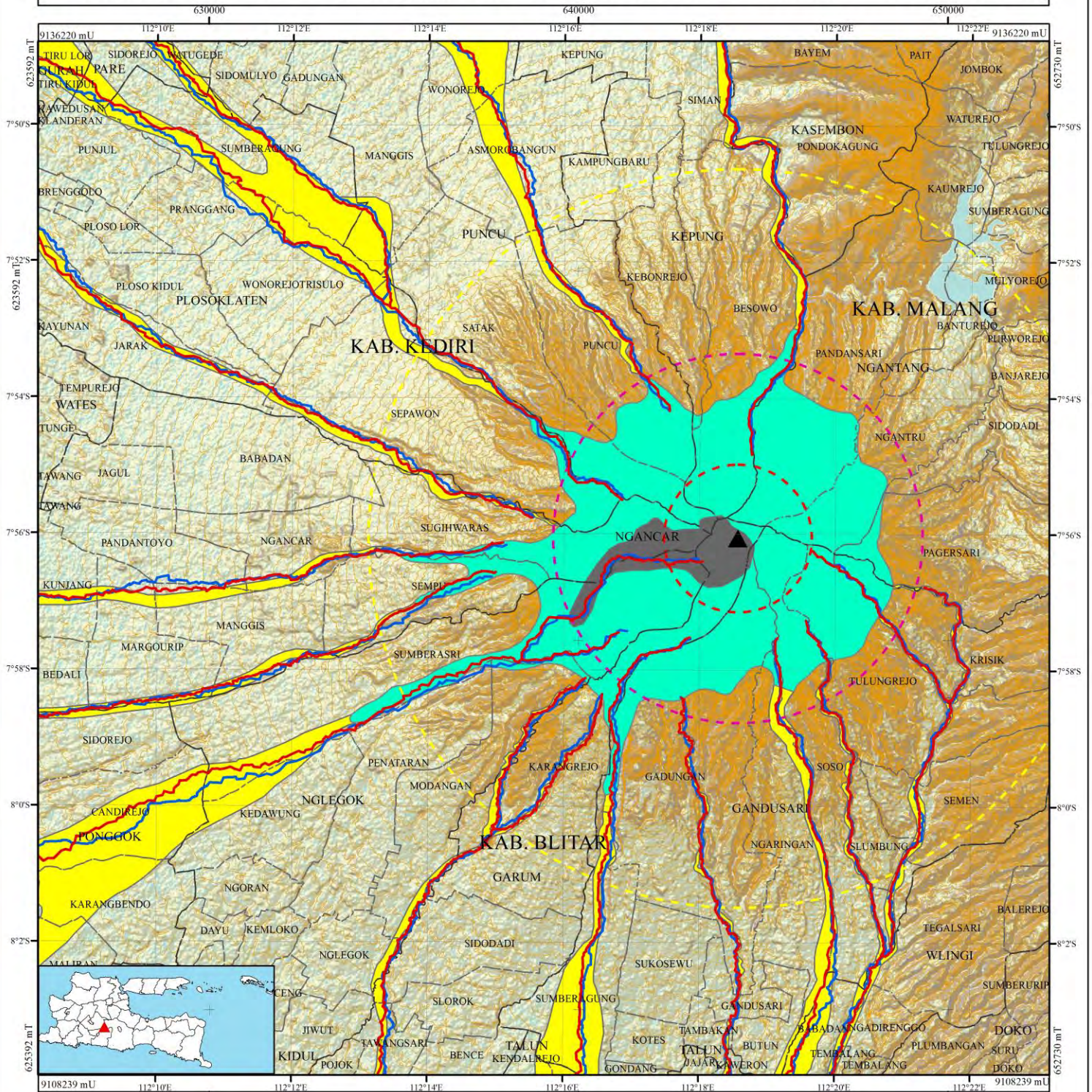
Peta Tutupan Lahan Terdampak Aliran Hidroogi (lahar dan lava) Memiliki Skala Peta 1:100.000 dalam A4



LAMPIRAN 3

Peta Hasil Aliran Hidrologi (Lahar dan lava) DEM Aster
GDEM V2 dan ALOS PALSAR Metode *Steepest Slope*

PETA ALIRAN HIDROLOGI (LAHAR DAN LAVA) GUNUNG KELUD JAWA TIMUR



2,000 1,000 0 2,000 4,000 6,000 8,000
Meter

Datum : WGS '84
Proyeksi : Geografis

Sumber :

- DEM Aster GDEMv2 Tahun 2011
- DEM Alos Palsar Tahun 2010
- Peta Rupa Bumi Indonesia Tahun 2000
- Peta Kawasan Rawan Bencana Tahun 2014

Dibuat pada 16 Maret 2016

Dibuat : Akhmad Sigit Arisandy (3512100026)

Dosen Pembimbing: Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS.



Jurusan Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Legenda

- ▲ Puncak Kelud
- Kontur
- Steepest Slope Alos Palsar
- Steepest Slope Aster GDEMv2
- Batas Kabupaten
- Batas Kecamatan
- Batas Desa

Radius Dari Gunung Kelud

- 2 KM
- 5 KM
- 10 KM

Kawasan Rawan Bencana

- Kawasan Rawan Bencana I
- Kawasan Rawan Bencana II
- Kawasan Rawan Bencana III

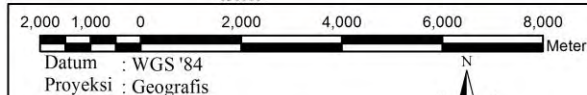
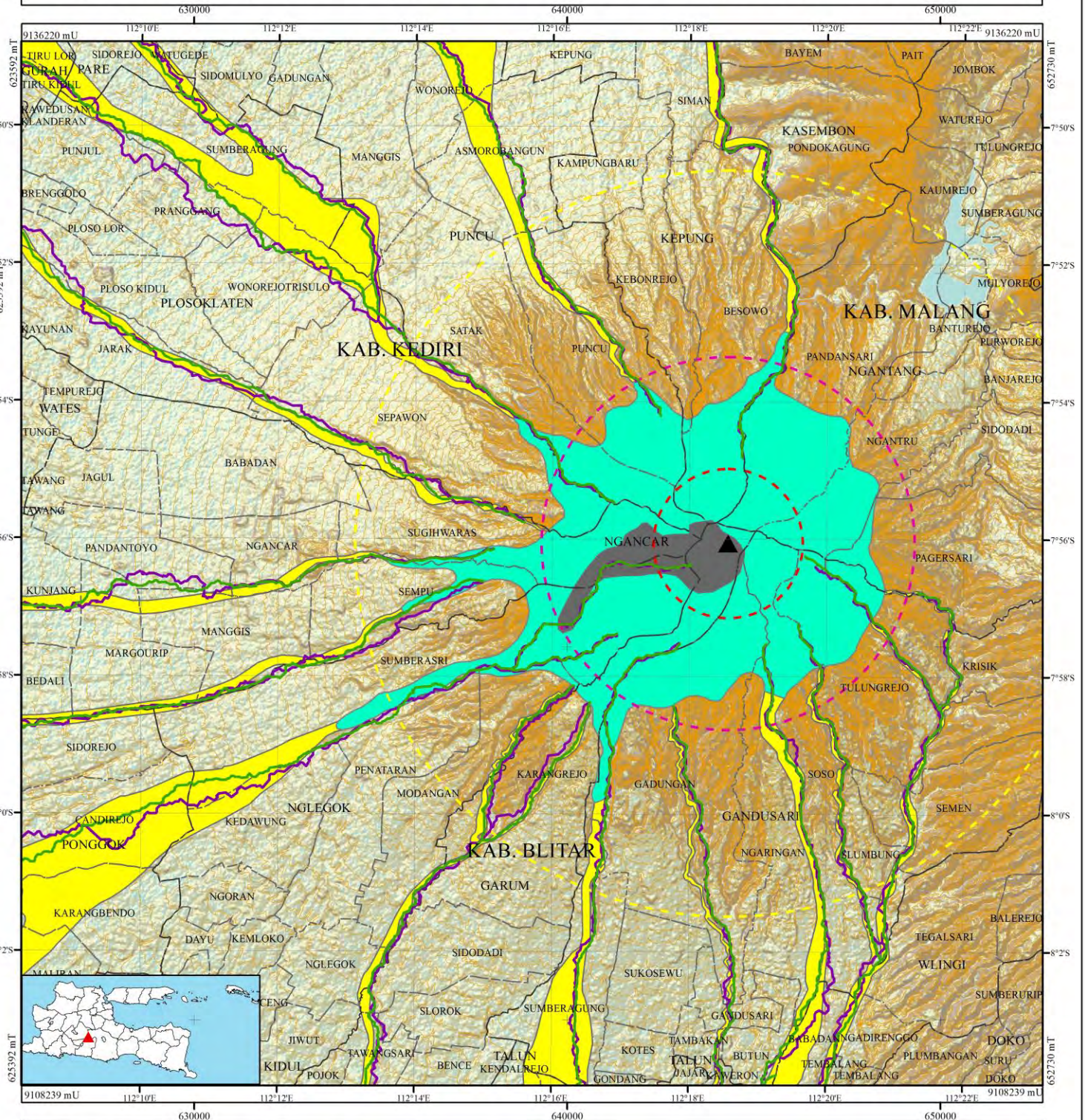
Aster GDEMv2.tif
Value
High : 1711
Low : 41

Alos Palsar.tif
Value
High : 1730
Low : 100

LAMPIRAN 4

Peta Hasil Aliran Hidrologi (Lahar dan lava) DEM Aster
GDEM V2 dan Alos Pasar Metode *Lowest Height*

PETA ALIRAN HIDROLOGI (LAHAR DAN LAVA) GUNUNG KELUD JAWA TIMUR



Sumber :
 - DEM Aster GDEM V2 Tahun 2011
 - DEM Alos Palsar Tahun 2010
 - Peta Rupa Bumi Indonesia Tahun 2000
 - Peta Kawasan Rawan Bencana Tahun 2014
 Dibuat pada 16 Maret 2016
 Dibuat : Akhmad Sigit Arisandy (3512100026)
 Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS.



Jurusan Teknik Geomatika
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Legenda

- Puncak Kelud
- Kontur
- Lowest Height Alos Palsar
- Lowest Height Aster GDEM V2
- Batas Kabupaten
- Batas Kecamatan
- Batas Desa

Radius Dari Gunung Kelud

- 2 KM
- 5 KM
- 10 KM

Kawasan Rawan Bencana

- Kawasan Rawan Bencana I
- Kawasan Rawan Bencana II
- Kawasan Rawan Bencana III

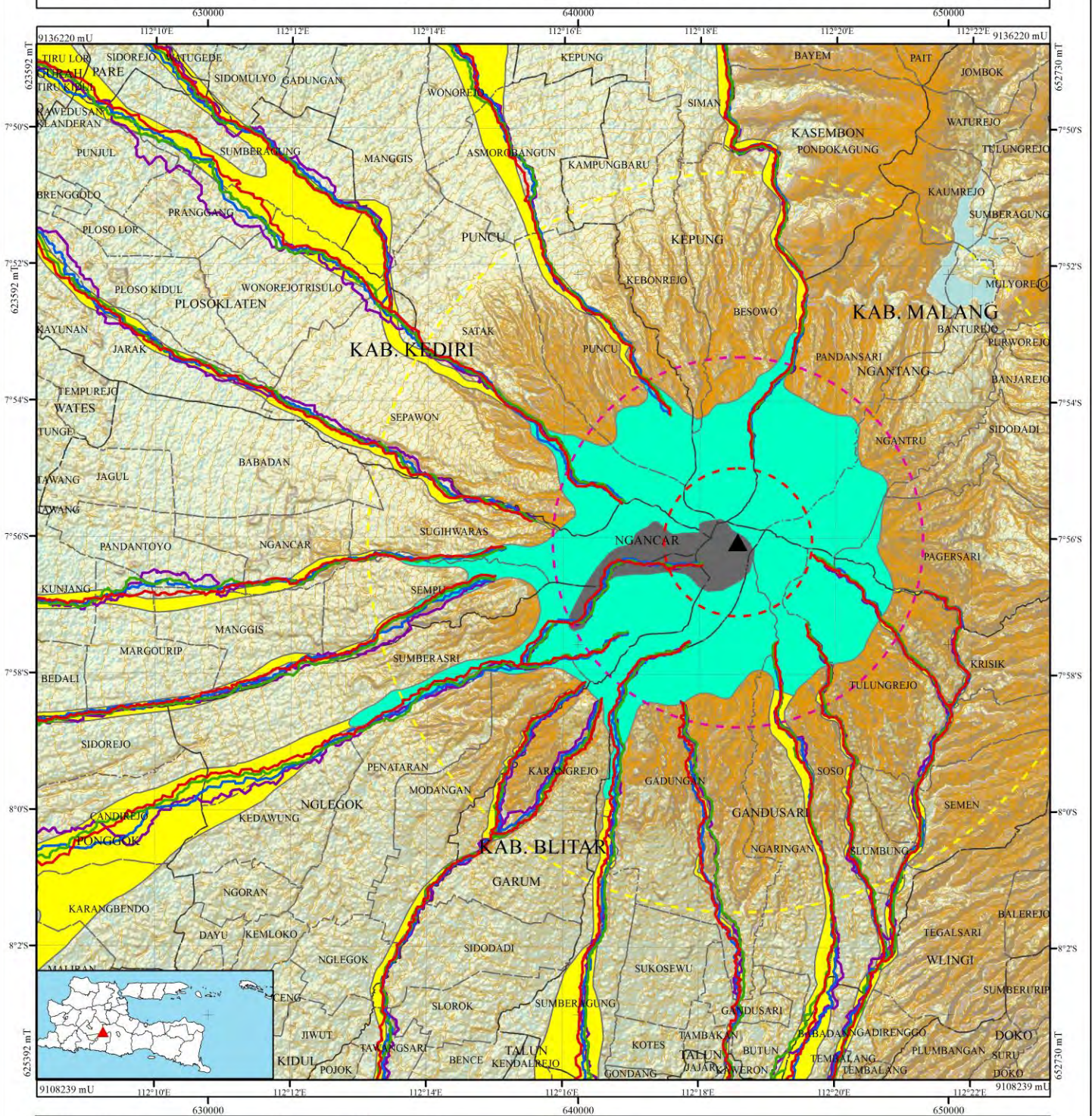
Aster GDEM V2.tif
 Value
 High : 1711
 Low : 41

Alos Palsar.tif
 Value
 High : 1730
 Low : 100

LAMPIRAN 5

Peta Hasil Aliran Hidrologi (Lahar dan lava) DEM Aster
GDEM V2 dan ALOS PALSAR Metode *Steepest Slope* dan *Lowest
Height*

PETA ALIRAN HIDROLOGI (LAHAR DAN LAVA) GUNUNG KELUD JAWA TIMUR



2,000 1,000 0 2,000 4,000 6,000 8,000 Meter

Datum : WGS '84
Proyeksi : Geografis

Sumber :

- DEM Aster GDEMv2 Tahun 2011
- DEM Alos Palsar Tahun 2010
- Peta Rupa Bumi Indonesia Tahun 2000
- Peta Kawasan Rawan Bencana Tahun 2014

Dibuat pada 16 Maret 2016

Dibuat : Akhmad Sigit Arisandy (3512100026)

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS.



Jurusan Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



Legenda

- ▲ Puncak Kelud
- Kontur
- Steepest Slope Alos Palsar
- Lowest Height Alos Palsar
- Steepest Slope Aster GDEMv2
- Lowest Height Aster GDEMv2
- Batas Kabupaten
- Batas Kecamatan
- Batas Desa

Radius Dari Gunung Kelud

- 2 KM
- 5 KM
- 10 KM

Kawasan Rawan Bencana

- Kawasan Rawan Bencana I
- Kawasan Rawan Bencana II
- Kawasan Rawan Bencana III

Aster GDEMv2.tif
Value
High : 1711
Low : 41

Alos Palsar.tif
Value
High : 1730
Low : 100

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa aliran hidrologi (lahar dan lava) penelitian tugas akhir yang telah di kemukakan, maka data di ambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Dari hasil penentuan aliran hidrologi menggunakan Metode *steepest slope* dan *lowest height*, didapatkan nilai arah aliran utara 19%, barat laut 18%, barat 21% , barat daya 19% dan Selatan 17%. Nilai ini sesuai dengan bentuk Gunung Kelud yang berbukit di sebelah timur, sedangkan dibagian barat, utara dan selatan berbentuk lereng. Sehingga aliran (lahar dan lava) yang terbentuk menuju ke arah barat, utara dan selatan.
- b. Dari hasil analisa aliran metode *steepest slope* memiliki akurasi yang baik di bandingkan dengan metode *lowest height*, dapat dilihat dari hasil alian akumulasi (*flow accumulation*) yang di *overlay* menunjukkan hasil bahwa aliran yang dimodelkan dengan metode *steepest slope* dari data DEM Aster GDEM V2 memiliki kesalahan hasil aliran sebesar 9,81% sedangkan data DEM Alos Palsar 7,29%. Sedangkan metode *lowest height* dari data DEM Aster GDEM V2 memiliki kesalahan hasil aliran sebesar 12,18% sedangkan data DEM Alos Palsar 11,25%. Hasil analisa tutupan lahan terdapat 10 kelas, namun hanya 8 kelas yang terdampak aliran hidrologi (lahar dan lava) yang paling besar semak belukar 3.497,16 ha, dan area yang paling kecil

area sungai 408,3 ha, dan dengan luas keseluruhan tutupan Lahan terdampak sebesar 14.294,18 ha.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan dalam penelitian tugas akhir ini untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

Kemudian saran untuk rekomendasi penelitian selanjutnya mengingat pentingnya mitigasi bencana dari letusan Gunung api maka penelitian ini dapat dikembangkan lagi untuk memodelkan jalur aliran hidrologi (lahar dan lava) yang lebih akurat, untuk mendukung mitigasi bencana perlu adanya citra resolusi tinggi seperti citra ikonos, quickbird atau Pleiades.

DAFTAR PUSTAKA

- al, Mckenzei. e. (2014, Maret 5). *SIG*. Retrieved from
Penerapan SIG:
<http://www.ilmutanah.unpad.ac.id/resources/> di akses
pada 10 Desember 2015 20:16 WBBI.
- ASTER. (2011, Oktober 3). Retrieved from ASTER Global
Digitel Elevation Model (GDEM):
<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/> di akses pada
3 november 2015 20:16 WBBI.
- Bakosurtanal. (2014, Agustus 15). *Gunug Kelud Jawa Timur*.
Retrieved from BIG:
<http://www.bakosurtanal.go.id/berita-surta/> di akses
pada 15 Desember 2015 12:36 WBBI.
- BASYID, M. A. (2010). Pengembangan Peta Rencana
Kontijensi Bencana Gunung Api Studi Kasus: Gunung
Api Lokon . *Jurnal Rekayasa Institut Teknologi
Nasional* , 216-226.
- BNPB. (2014, Februari 11). *Peta Kawasan Rawan Bencana
Gunung Kelud*. Retrieved from BNPB:
<http://geospasial.bnpb.go.id/?s=gunung+kelud> di akses
pada 10 Desember 19.47 2015 20:16 WBBI.
- BNPB. (2014, Agustus 12). Peta Kawasan Rawan Bencana
Gunung Keud. Jakarta , Jawa Barat, Jakarta Pusat.
- Buku Kelud Seri Letusan 2007, *Pusat Vulkanologi dan Mitigasi
Bencana Geologi*, 2007.
- Esa. (2008, April 26). *Alos Palsar*. Retrieved from Esa Earth
Online: [https://earth.esa.int/web/guest/data-
access/browse-data-products/-/article/alos-palsar-fbs-
fine-mode-single-polarisation-5194](https://earth.esa.int/web/guest/data-access/browse-data-products/-/article/alos-palsar-fbs-fine-mode-single-polarisation-5194) di akses pada 16
november 2015 19:43 WBBI.

- ESRI. (2008, Januari 3). *Flow Direction And Flow Acumulation*. Retrieved from Arcgis 9.2 Help:http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=flow_direction di akses pada 16 november 2015 20:45 WBBI.
- Fairbank, D. (2001). *Alos Palsar*. Retrieved from Alaska Satellite Facility: <https://www.asf.alaska.edu/> di akses pada 10 november 2015 20:45 WBBI.
- Firdaus, A. (2014). Dampak Letusan dari Gunung Api. 1-11.
- Hady. (2010, Maret 2). *Visualisasi 3D*. Retrieved from GIS indonesia: <http://inigis.com/visualisasi-3d-dengan-aplikasi-terrain-bender/> di akses pada 10 Desember 2015 20:03 WBBI.
- Ilwis. (2009). *Hydrologi*. New York.
- Indarto. (2008). Karakteristik hidrologi metereologi DAS di PSWS Bondoyodo Mayang. *Jurnal SAINS MIPA*, 5-46.
- Indriasari. (2009). Klasifikasi Multisepektral dalam pengambilan Sempel. 1-12.
- Julzarika, A. (2011). Teknik Penentuan Aliran Hidrologi Metode Steepest sloop dan Lowest Height dengan Digital surface model (DSM) dan Digital Terain Model (DTM). *Jurnal Lapan*, 1-9.
- Julzarika, A. I. (2010). Pemanfaatan DEM ALOS Palsar, DEM SRTM dan Citra Landsat untuk Mengetahui Potensi Longsor (Studi Kasus : Kabupaten Purworejo - Provinsi Jawa Tengah). *INDRAJA LAPAN VOL I, NO I*, 6-12
- Mulyana A.R., dkk, 2003. *Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Kelud*. Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.

- Puspita, B. D. (2013). Estimasi Sedimen Lahar Dingin di Sebagian Kali Gendol Gunung Merapi Menggunakan FUFk Dan LIDAR. *Media Teknik*, 91-98.
- Purwanto, T. H. (2011). Ekstrasi Morfometri daerah aliran sungai dari digitasi surface model (Studi Kasus Das Opak). *PJSIG SV*, 1-12.
- PVMBG. (2014, 2 28). *Status Gunung Kelud Turun ke Level II*. Retrieved from PVMBG: <http://www.merdeka.com/peristiwa/pvmbg-status-gunung-kelud-turun-ke-waspada-level-ii.html> di akses pada 16 november 2015 19:33 WBBI.
- S. ECKERT, T. K. (2005). Accuracy assessment of automatically derived digital elevation models from aster data in mountainous terrain. *International Journal of Remote Sensing*, 1943-1957.
- Setiawan, A. (2010, 6 1). Struktur data SIG untuk pemodelan sifat-sifat tanah.
- Suwarsono, W. A. (2005). Analisis Arah dan Sebaran Aliran Lava Pijar dan Piroklastik Hasil Letusan Gunung Api
- Tarboton, and Bras, (1991), "Extraction of hydrological proximity measures from DEMs using parallel processing," *Environmental Modelling & Software*, 26(12): 1696-1709
- Yustian Ekky Rahanjani, A. S. (2012). Pemanfaatan Citra Digital Elevatio Model (DEM) Untuk Studi Evolusi Geomorfologi Gung Api sebelum dan Setelah Erupsi Gunung Api Merapi 2010. *Seminar Nasional Informatika 2012 (semnasIF 2012)*, E66-E73.

“Halaman ini sengaja dikosongka”

BIODATA PENULIS



Akhmad Sigit Arisandy, anak pertama dari Keluarga Suyoto dan Siti Aminah, di lahirkan di kota Kediri, 6 November 1993. Pendidikan pertama di TK Aisyiah, kemudian menyelesaikan Pendidikan Dasar SDN Ngronggo III Kota Kediri dan lulus pada tahun 2006, Pendidikan Menengah pertama di SMP Negeri 1 Kediri lulus pada tahun 2009. Melanjutkan Pendidikan Menengah atas di SMA Negeri 4 Kediri dan lulus pada tahun 2012. Penulis kemudian melanjutkan Pendidikan untuk Perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan mengambil Jurusan Teknik Geomatika melalui jalur Undangan.

Selama menjadi Mahasiswa, penulis aktif di berbagai Kegiatan seminar di luar maupun di dalam Jurusan Teknik Geomatika ITS. Penulis juga aktif di organisasi di dalam kampus yaitu Anggota LMB music ITS. Selain itu juga mengikuti organisasi di luar kampus yaitu Swayanaka indonesia regional Surabaya, organisasi mahasiswa penyayang anak.

Dalam penyusunan Tugas Akhir, sebagai syarat penyelesaian kuliah S-1, penulis memilih bidang keahlian geospasial dengan judul “Studi Penentuan Aliran Hidrologi Metode *Steepest Slope* dan *Lowest Height* dengan Aster GDEM V2 dan ALOS Palsar”. Penulis berharap bisa berkarya dan melakukan Penelitian untuk kemajuan yang bermanfaat bagi orang sekitar, lingkungan dan untuk negara ini.